

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра відновлюваних джерел енергії

«На правах рукопису»
УДК 621.311

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
Степан КУДРЯ
«__» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

«Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**на тему: «Використання ORC-модулів в
комбінованих геліосистемах»**

Виконав:

студент II курсу, групи ЕД-91мп

Панченко Ярослав Леонідович

Науковий керівник:

К. т. н., доцент

Кириленко Катерина Всеволодівна

Консультант з _____:

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра відновлюваних джерел енергії

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Степан КУДРЯ

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Панченко Ярославу Леонідовичу

1. Тема дисертації: «Використання ORC-модулів в комбінованих геліосистемах», науковий керівник дисертації Кириленко Катерина Всеволодівна, к. т. н., доцент, затверджені наказом по університету від «09» листопада 2020 р. № 3260-с.
2. Термін подання студентом дисертації: «17» грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження: система тепло- та електрозабезпечення об'єкту.
4. Вихідні дані:
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 - а) розглянути особливості отримання електричної енергії за допомогою установок, що працюють за органічним циклом Ренкіна;
 - б) розглянути недоліки і переваги автономних систем енергозабезпечення на основі геліополей та ORC-модулів, з урахуванням кліматичних умов розміщення об'єкту енергозабезпечення;
 - в) розрахувати потреби в тепловій енергії об'єкту на гаряче водопостачання і опалення;

- г) розрахувати потреби в електричній енергії об'єкту;
- г) визначити необхідну потужність і вибрати обладнання для теплової та електрогенерації;
- д) розрахувати термін окупності системи тепло- та електрозабезпечення;
- е) розробити стартап;
- є) охорона праці.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- а) плакат (назва магістерської дисертації);
- б) опис проекту;
- в) інформація про об'єкт енергозабезпечення;
- г) структурна схема установки;
- г) опис основного обладнання;
- д) опис принципу роботи системи енергозабезпечення;
- е) розроблення стартап проекту та оцінка терміну окупності;
- є) висновки.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 стаття в міжнародному науково-технічному журналі молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики», 2020р.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання «02» листопада 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Робота з літературою і написання вступу	02.11.2020 – 06.11.2020	
2	Короткий огляд ORC-модулів насосів	06.11.2020 – 09.11.2020	
3	Короткий огляд сонячних теплових станцій	09.11.2020 – 12.11.2020	
4	Вибір обладнання та структурної схеми	12.11.2020 – 23.11.2020	

5	Розрахунок генерації теплової та електричної енергії	23.11.2020 – 01.12.2020	
6	Розробка стартап-проекту	01.12.2020 – 07.12.2020	
7	Охорона праці	07.12.2020 – 10.12.2020	
8	Оформлення роботи і підготовка до захисту	10.12.2020 – 15.12.2020	

Студент

Ярослав ПАНЧЕНКО

Науковий керівник

Катерина КИРИЛЕНКО

Анотація

Актуальність проблеми. Відновлювана енергетика в останній час стала актуальним напрямком розвитку енергозабезпечення споживачів. Ріст державних тарифів на енергію, а також ріст цін на енергоносії зумовлюють бурхливий розвиток даної галузі.

Мета і задачі дослідження. Мета: розробка проекту системи тепло- та електрозабезпечення об'єкту. Задачі: розглянути методи проектування геліосистем та ORC-установок, розрахувати та обрати обладнання, запропонувати схему компоновки геліосистеми, оцінити окупність системи, спроектувати заходи з безпечного монтажу та експлуатації даної системи.

Об'єкт дослідження. Система тепло- та електрозабезпечення об'єкту.

Предмет дослідження. Характеристики СТЕО: встановлена теплова потужність, температура робочого тіла, встановлена електрична потужність.

Методи дослідження. Використані інженерні методи дослідження.

Наукова новизна. Пропонується використання систем мікропроцесорних контролерів для контролю роботи СТЕО в режимі он-лайн.

Практичне значення. Даний проект можна реалізувати для будівництва СТЕО на території будь-якого об'єкту промислової, господарської або сільськогосподарської діяльності.

Дипломний проект складається з: аркушів - 73 , таблиць – 13, рисунків – 21.

Ключові слова: СТЕО (система тепло- та електрозабезпечення об'єкту), ВДЕ (відновлювані джерела енергії), ВЕ (відновлювана енергетика), ORC-модулі.

Annotation

Relevance of the problem. Renewable energy has recently become an important area of energy supply for consumers. The growth of state energy tariffs, as well as rising energy prices are leading to the rapid development of this industry.

The purpose and objectives of the study. Purpose: development of the project of the system of heat and power supply of the object. Objectives: to consider methods of designing solar systems and ORC-installations, to calculate and select the equipment, to offer the scheme of layout of the solar system, to estimate the payback of the system, to design measures for safe installation and operation of this system.

Object of study. Heat and power supply system of the object.

Subject of study. Characteristics of SHPS: installed body power, working body temperature, installed electric power.

Research methods. Used engineering methods of research.

Scientific novelty. It is proposed to use microprocessor controller systems to monitor the operation of SHPS online.

Practical meaning. This project can be implemented for construction SHPS on the territory of any object of industrial, economic or agricultural activity. Thesis project consists of: sheets - 73, tables - 13, drawings – 21.

Key words: SHPS (system of heat and power supply of the object), RES (renewable energy sources), BE (renewable energy), ORC-modules.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

НВДЕ – нетрадиційні та відновлювані джерела енергії;

ЛЕП – лінії електропередач;

СТЕО – система тепло- та електрозабезпечення об'єкту;

ККД – коефіцієнт корисної дії

ORC – organic Rankin cycle (органічний цикл Ренкіна)

Зміст

Анотація	5
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ. ВИКОРИСТАННЯ ORC-МОДУЛІВ В КОМПЛЕКСНИХ ГЕЛІОСИСТЕМАХ	11
1. Характеристика сонячної енергетики	11
1.1 Характеристика відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії.....	12
1.2 Загальна характеристика сонячних станцій.....	13
1.3 Структурна схема та обладнання сонячної теплової станції.....	21
1.4 Перспективи використання сонячних станцій в Україні	22
1.5 Використання ORC-модулів	23
РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОБ'ЄКТ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	30
2. Інформація про об'єкт електрозабезпечення	31
2.1 Технічні умови	31
2.2 Кліматичні умови	34
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОСНОВОГО І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ. ВИБІР СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ РОБОТИ КОМБІНОВАНОЇ ГЕЛІОУСТАНОВКИ.	37
3. Вибір основного і допоміжного обладнання. Вибір структурної схеми роботи комбінованої геліоустановки.	38
3.1. Вибір структурної схеми.	38
3.2. Вибір геліоколекторів.....	39
3.3. Розрахунок затінення та структурна схема геліополя.....	42
3.4. Вибір системи акумулювання тепла.....	43
3.5 Вибір ORC-модуля.....	44
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	54
4 Розробка стартап-проекту	55
4.1 Використання ORC-модулів в комплексних геліосистемах	55
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.	57
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	58
4.4 Оцінка економічної ефективності реалізації проекту	58
4.5 Висновки до розділу 4	62
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	63
5. Охорона праці	64
5.1 Коротка характеристика об'єкту проектування.....	64
5.2 Організація і вибір робочого місця.....	64

5.3	Метеорологічні умови робочого середовища	67
5.4	Розрахунок освітлення.....	69
5.5	Охорона праці на об'єкті	70
5.6	Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	71
5.7	Протипожежні заходи.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		78

Вступ

Використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в якості заміни традиційним енергоносіям стає все більш популярним останнім часом. Є ряд

беззаперечних переваги їх використання, головними з яких є невичерпність і

екологічна чистота. В той же час потреба у забезпеченні енергетичної безпеки країн, зменшення обсягів використання викопних копалин та зменшення шкідливих викидів – зумовили бурхливий розвиток відновлювальної енергетики як цілком самостійної та конкурентоспроможної

галузі енергетики [1].

В моєму дипломному проекті було розглянуто використання сонячної енергії в комбінації з відносно традиційними джерелами теплової енергії та класичними, хоч і з деякими уточненнями, методами генерації електричної енергії. Мова йде про забезпечення об'єкту тепловою та електричною енергією, за допомогою котелень на біопаливі і геліосистеми на вакуумних колекторах для генерації теплової енергії, а також використання ORC-установок для генерації електричної енергії.

Метою даного дипломного проекту є дослідження і розрахунок параметрів та умов, що є необхідними для проектування системи тепло- та електрозабезпечення об'єкту, а також економічний розрахунок та розрахунок терміну окупності.

Для виконання цієї задачі необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) Оптимально розташувати геліополя на обраній ділянці.
- 2) Підібрати необхідне обладнання для генерації теплової енергії.
- 4) Підібрати необхідне обладнання для генерації електричної енергії.
- 3) Розрахувати продуктивність системи та термін окупності.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ. ВИКОРИСТАННЯ ORC-МОДУЛІВ В КОМПЛЕКСНИХ ГЕЛІОСИСТЕМАХ

1. Характеристика сонячної енергетики

1.1 Характеристика відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії

Відновлювальні джерела енергії – це потоки енергії, що постійно або періодично діють у природі. В цілому всі енергетичні потоки ВДЕ поділяють на дві основні групи – пряма енергія сонячного випромінювання та її вторинні прояви у вигляді енергії вітру, гідроенергії, теплової енергії навколишнього середовища, енергії біомаси тощо. Загалом ВДЕ класифікують так:

- променева енергія Сонця;
- енергія вітру;
- гідроенергія течій води, хвиль, припливів;
- тепла енергія навколишнього середовища (Землі, повітря, морів та океанів);
- енергія біомаси;
- геотермальна енергія [1].

Використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) світова спільнота розглядає як один із найперспективніших шляхів вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення. Наявність невичерпної ресурсної бази та екологічна чистота НВДЕ є визначальними їх перевагами в умовах вичерпання ресурсів органічного палива та зростаючих темпів забруднення довкілля. Окрім того, їх не потрібно видобувати, купувати і транспортувати, так як вони є результатом дії сонячного випромінювання на фізичні, біологічні та хімічні процеси, що відбуваються на Земній кулі, а з цього випливає їх практична невичерпність та поновлюваність [3].

Основною перевагою використання відновлюваних джерел енергії є їх невичерпність та екологічна чистота, що сприяє поліпшенню екологічного стану і не призводить до зміни енергетичного балансу на планеті.

Головними недоліками ВДЕ є невисока щільність енергетичних потоків та їх мінливість у часі і, як наслідок цього, необхідність значних витрат на обладнання для збору, акумулювання та перетворення енергії (яскравим

прикладом є прийомні поверхні сонячних установок). Це все призводить до високої матеріалоемності подібних пристроїв, а, отже, до збільшення питомих капіталовкладень в порівнянні з традиційними електроустановками. Однак підвищені питомі капіталовкладення згодом окуповуються за рахунок низьких експлуатаційних витрат [4]. Крім того сучасні технології і обладнання, прийоми раціонального використання ВДЕ, а також системи комплексного використання різних видів відновлювальних джерел енергії фактично ліквідували перешкоди щодо їх широкомасштабного впровадження і обумовили бурхливий розвиток енергетики на основі ВДЕ в світі.

Згідно з класифікацією Міжнародного енергетичного агентства до поновлюваних джерел енергії належать такі категорії:

- поновлювальні джерела енергії (ПДЕ), які спалюються, і відходи біомаси;
- промислові відходи: тверді й рідкі матеріали (наприклад, автомобільні покришки), що спалюються безпосередньо, зазвичай на спеціалізованих підприємствах, для виробництва теплової й електричної енергії;
- гідроенергія: потенційна, або кінетична, енергія води, перетворена на електричну енергію за допомогою гідроелектростанцій, як великих, так і малих;
- сонячна енергія: випромінювання Сонця, що використовується для одержання гарячої води й електричної енергії;
- енергія вітру: кінетична енергія вітру, що застосовується для виробництва електроенергії у вітрових турбінах [2].

1.2 Загальна характеристика сонячних станцій

Сонячна станція - це енергетична установа, яка перетворює енергію сонячного випромінювання в електричну або теплову енергію.

До Землі доходить приблизно 50% загальної кількості сонячного випромінювання. Воно проходить через верхній шар атмосфери, де є і розсіяна і пряма сонячна радіація. Максимальна інтенсивність сонячного випромінювання на поверхні Землі складає близько 1 кВт/м², однак тривалість його становить всього 1-2 години в літні дні. Середня інтенсивність сонячного випромінювання в більшості районів земної кулі становить від 200 Вт/м² до 250 Вт/м². При створенні та впровадженні сонячного енергетичного обладнання використовуються дані про кількість сумарної сонячної радіації і її складових, періодичність та змінність режимів її надходження.

Енергія сонячної радіації відносно традиційних видів палива має значні переваги, а саме:

- може бути джерелом місцевого енергетичного палива в різних частинах земної кулі;
- може бути безпосередньо перетворена в електричну;
- джерело сонячної радіації є невичерпним;
- можливе отримання високих температур (5000С);
- прискорення дії фотохімічних процесів.

Типи сонячних станцій.

Країни у всьому світі вирішують будувати сонячні тепло- та електростанції. Людство все більше турбується про збереження навколишнього середовища, завдяки чому воно усвідомлює важливість та користь сонячної енергії, а також те, що фінансово вона доступна. Існує багато різних типів сонячних станцій. Користь від них можна мати пасивну та активну.

Активне використання сонячної станції - це коли енергію сонця спрямовують одразу на живлення будь-якої стандартної домашньої техніки.

Пасивне використання сонячної енергетики відбувається, коли оселі та будівлі спроектовані таким чином, що отримують максимальну вигоду від сонячних променів.

По всьому світу збудовано різні види сонячних станцій. Серед них розрізняють сонячні електростанції, які безпосередньо перетворюють енергію сонця в електричну за допомогою фотоелементів, та сонячні теплові станції, що генерують теплову енергію, яка може бути використана для опалення, гарячого водопостачання або подальшої трансформації в електричну енергію.

Основні типи сонячних станцій:

Сонячні електростанції, які працюють за допомогою фотоелементів. Це найвдаліший заміник звичайної електричної енергії, яка живить техніку в оселях. Фотоелектричні комірки захоплюють енергію, згенеровану сонцем і перетворюють її на електрику. Процес конверсії - чистий та простий, в атмосферу не потрапляє жодних шкідливих хімічних сполук чи диму. Чимало компаній прийняли рішення встановити у своїх приміщеннях сітки з фотоелектричними перетворювачами, щоб добути з них максимум енергії та знизити залежність від традиційних джерел електрики.

Сонячні теплові станції. Вони використовуються для створення нагрівачів, які можуть нагріти воду чи бути обігрівачем всередині оселі. У спеціальних теплових комірках збирається спродукована сонцем енергія, яку потім перетворюють у теплову енергію. Її можна використати також для приготування їжі і для сушіння одягу. нижчі температури придатні для нагрівання води, наприклад, у басейнах. Середні температури використовують для обігріву осель чи офісів всередині. З допомогою високих температур можна спродувати електрику для щоденних потреб в оселях та офісах.

Концентруючі сонячні станції працюють за тим самим принципом, що й звичайні теплові сонячні станції. Додатковим елементом є використання лінз і дзеркал, щоб зібрати енергію променів сонця. Сонячне світло спрямовують на спеціальні приймачі, де його перетворюють у теплову енергію.

СЕС з використанням фотопанелей (рис. 1.1). Дані сонячні електростанції мають широке застосування для енергозабезпечення як малих, так і великих об'єктів (приватні котеджі, санаторії, пенсіонати, промислові будівлі тощо. буд.). Встановлюватись фотобатареї можуть практично будь-де, від покрівель і фасадів, і до спеціально виділених територій. Встановлені потужності теж коливаються в широкому діапазоні, починаючи з постачання окремих насосів, закінчуючи електропостачанням невеликого селища [5].



Рис. 1.1 СЕС з використанням фотопанелей

Сонячні станції на плоских або вакуумних колекторах. (рис. 1.2). Дані сонячні станції можуть працювати як в сезонному режимі так і в цілорічному (за умови використання незамерзаючого теплоносія). Зазвичай такі станції відносно малопотужні і першочерговою їх задачею є генерація низькопотенційного тепла для гарячого водопостачання об'єктів, комунально-побутового та технологічного теплопостачання, потреб сільського господарства, з порівняно невеликим коефіцієнтом корисної дії.



Рис. 1.2 Сонячні станції на плоских або вакуумних колекторах

Сонячні станції баштового типу (рис. 1.3). Дані електростанції засновані на принципі отримання водяної пари з допомогою сонячної радіації. У центрі станції стоїть вежа заввишки від 18 до 24 метрів (залежно від потужності та інших параметрів висота може більше або менше), на вершині якої розміщений резервуар із жовтою водою. Цей резервуар покритий чорним кольором для поглинання теплового випромінювання. Також у цій вежі перебуває насосна група, що доставляє пар на турбогенератор, який перебуває поза вежею. По колу від вежі на деякій відстані розташовуються геліостати.

Геліостат - дзеркало площею кілька кв. метрів, закріплене на опорі і підключене до спільної системи позиціонування. Тобто, залежно від становища сонця, дзеркало змінюватиме свою орієнтацію у просторі. Основне завдання - це позиціонування всіх дзеркал станції так, щоб будь-якої миті часу усі відбиті промені від нього потрапили на резервуар.

У ясний сонячний день температура в резервуарі може становити 700 градусів. Такі температурні параметри використовуються більшості традиційних теплових електростанцій, для отримання енергії використовуються стандартні турбіни.

Фактично на станціях подібного типу можна отримати порівняно великий ККД (близько 20%) і високі потужності.



Рис. 1.3 СЕС баштового тип

Сонячні станції з використанням параболічних концентраторів (Рис. 1.4). Принцип роботи даних СЕС залежить від нагрівання теплоносія до параметрів, придатних до використання у турбогенераторі[5]. Конструкція СЕС на фермовій конструкції встановлюється параболічне дзеркало великої довжини, а в фокусах параболи встановлюється трубка, через яку тече теплоносій (найчастіше олія). Пройшовши весь шлях, теплоносій розігрівається й у теплообмінних апаратах віддає теплоту воді, яка перетворюється на пар і завдяки цьому працює турбогенератор.



Рис. 1.4 СЕС з використанням параболічних концентраторів

Комбіновані сонячні станції. Часто на СЕС різних типів додатково встановлюють теплообмінні апарати щоб одержати тепло, що використовується як для технічних потреб, так і для гарячого водопостачання та опалення. У цьому сутність комбінованих СЕС. На одній території можлива паралельна установка концентраторів і фотобатарей, що теж вважається комбінованою СЕС [5].

Аеростатні сонячні станції. Сонячні аеростатні електростанції можуть стати одним з можливих нових напрямків, які дозволять більш ефективно використовувати сонячну енергію. Основний елемент сонячних аеростатних електростанцій - аеростат - може бути виведеним на декілька кілометрів над

поверхнею Землі, вище хмар, що забезпечить безперервне використання сонячної енергії на протязі дня [6].

Принципова схема роботи сонячної аеростатної електростанції (САЕС) з паровою турбіною полягає в поглинанні поверхнею аеростата сонячного випромінювання і нагрівання в результаті водяної пари, що знаходиться всередині. При цьому оболонка аеростата виконується двошаровою. Сонячні промені, проходячи через зовнішній прозорий шар, нагрівають внутрішній шар оболонки з нанесеним покриттям, яке поглинає сонячне випромінювання. Водяна пара, що знаходиться всередині оболонки, нагрівається тепловим потоком, який потрапляє через оболонку, до 100- 150°C. Прошарок газу (повітря) між шарами, виконуючи роль теплоізоляції, зменшує втрати теплоти в атмосферу. Тиск пари практично дорівнює тиску зовнішнього повітря. Водяна пара гнучним паропроводом подається на парову турбіну, потім конденсується в конденсаторі, вода з конденсатора знову подається помпами у внутрішню частину оболонки, де випарюється при контакті з перегрітою водяною парою. ККД такої установки може складати 25%, причому завдяки запасу водяної пари у внутрішній частині аеростата установка може працювати і вночі. При діаметрі аеростата 150 м і розміщенні на висоті 5 км установка може мати потужність 2 МВт.

Такі САЕС можуть розташовуватися в декілька сотень метрів над поверхнею Землі або над поверхнею моря із силовою установкою на платформах з якорем, до платформ також кріпиться аеростат.

1.3 Структурна схема та обладнання сонячної теплової станції

На рис. 1.5 зображена схема сонячної теплової станції.

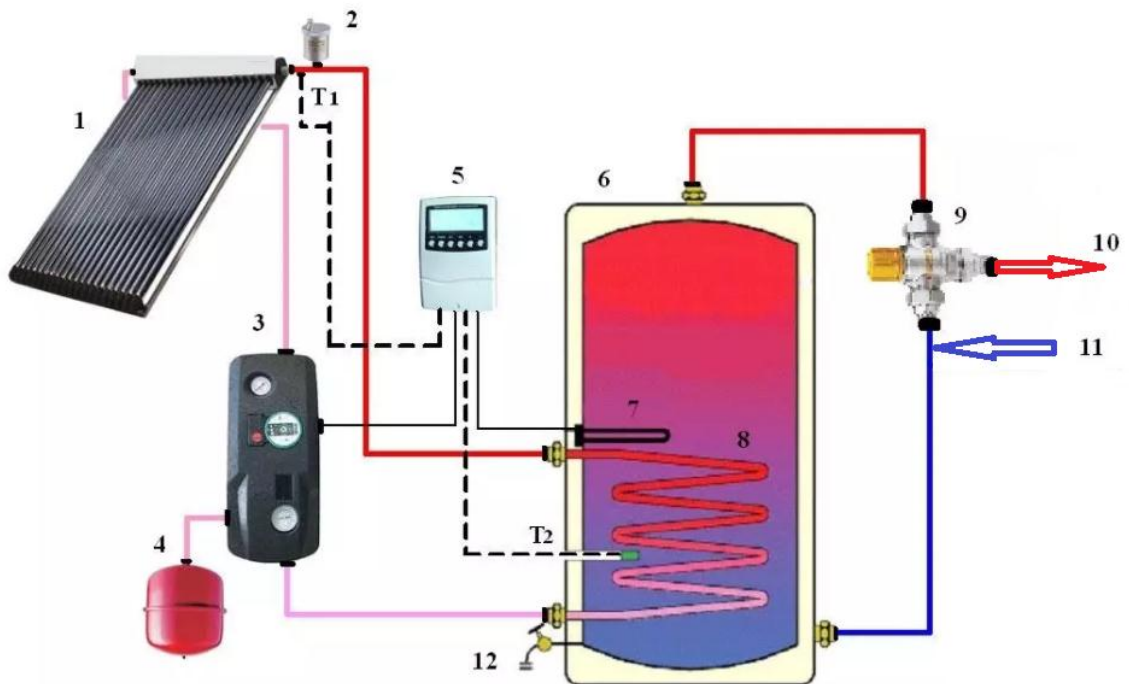


Рис. 1.5 Схема сонячної теплової станції

До складу сонячної теплової станції входять наступні елементи:

Сонячні колектори, що виробляють під дією сонячного випромінювання передають теплову енергію теплоносію (1).

У геліосистемі передбачений блок управління, він дозволяє контролювати температуру в зовнішньому і внутрішньому блоці в різний час доби, керуючись заданою програмою та приймаючи дані з температурних датчиків T1 та T2 (5).

Прокачка теплоносія здійснюється робочою станцією на якій також встановлено манометри для контролю тиску (3).

У випадку надлишкового розширення теплоносія, передбачено розширювальний бак (4). А відвід випадкового повітря забезпечує автоматичний повітровідводчик (2).

Теплоносій віддає тепло в резервуарі-накопичувачі (6) за допомогою теплообмінника (8), тобто робоче тіло не змішується з водою, яка йде до

споживача. Зазвичай саме в резервуарі встановлюють додаткове джерело тепла для догріву води в разі необхідності (ТЕН) (7).

Відбір гарячою води споживачем (10) здійснюється через термозмішувальний клапан (9), до якого також під'єднано ввід холодної води (11).

1.4 Перспективи використання сонячних станцій в Україні

В Україні річне надходження сонячного випромінювання (рис. 1.6) перебуває на одному рівні з країнами, які активно використовують сьогодні сонячні колектори (Швеція, Німеччина, США тощо). Уся територія України придатна для розвитку систем теплопостачання з використанням сонячної енергії.



Рисунок 1.6 Річна інсоляція на території України

В Україні найбільш перспективними сьогодні є такі напрями використання сонячної енергії як:

- безпосереднє її перетворення в низькопотенційну теплову енергію без попередньої концентрації потоку сонячної радіації (для гарячого водопостачання об'єктів, комунально-побутового та технологічного теплопостачання, потреб сільського господарства) з коефіцієнтом корисної дії 45-60%, а в разі застосування концентраторів - 80 -85%;
- безпосереднє її перетворення в електричну енергію постійного струму за допомогою фотоперетворювачів (фотомодулів) в середньому з ККД 15-20%, хоча існують перспективні розробки з ККД близько 30%.

Оптимально підібране устаткування зменшує річне використання енергії для підігріву води на 50-60% і енергії з мережі на 50-70%. У період з квітня по вересень правильно встановлена система покриває 95% витрат тепла та енергії.

Враховуючи все вище сказане, можна зробити висновок про доцільність спорудження сонячних станцій в Україні різного призначення. Зокрема, як джерело електропостачання будинків чи малих підприємств, а також джерело низькопотенційної теплової енергії на всій території України.

1.5 Використання ORC-модулів

Дедалі ширше використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) дозволяє оцінити потенціал не лише комерційних проєктів промислових сонячних електростанцій (СЕС), а і перспективи поширення розподіленої генерації електричної та теплової енергії. Однак варіативність, періодичність та погана передбачуваність таких джерел енергії та децентралізація виробництва викликає серйозні проблеми, пов'язані з надійністю та контролем якості, особливо це стосується електричної енергії.

Рішення цих проблем лежить в комплексному використанні ВДЕ, а також в акумулюванні електричної або теплової енергії для її використання в часи відсутності прямої генерації.

Одним з таких прикладів може служити використання турбін, що працюють за органічним циклом Ренкіна (Organic Rankine Cycle – ORC).

Органічний цикл Ренкіна відрізняється від традиційного термодинамічного, закладеного в основу роботи парових турбоустановок, тим, що в якості робочого тіла в тепловому циклі цих турбоустановок замість води і водяної пари використовуються органічні речовини, температура кипіння і випаровування яких нижче, ніж температура кипіння води. Такі речовини називаються низькокиплячими робочими тілами (НРТ); це, наприклад, з'єднання на основі фреону, вуглеводні типу пентану, бутану і т. д.

Основною метою даної роботи є огляд використання ORC-модулів в комбінованих геліосистемах. Визначення можливих областей застосування установок, що працюють за органічним циклом Ренкіна та визначення перспектив розвитку даної технології в світі.

Сонячні системи генерування енергії з використанням ORC-модулів подібні до багатьох електростанцій, які експлуатуються по всьому світу, за винятком хіба що джерела теплової енергії. В даному випадку ним виступає геолісистема.

Наразі існує широкий вибір різноманітних ORC-модулів, які в першу чергу відрізняються температурою робочого тіла. Сучасні рішення дозволяють працювати в діапазоні від 65°C до 350°C, що дозволяє використовувати різноманітні конфігурації сонячних перетворювачів, як незалежні концентраційні геліосистеми з акумулюванням тепла, так і звичайні вакуумні колектори з додатком догрівом теплоносія [1-2].

Розглядаючи різні моделі використання теплової енергії геліополя варто звертати увагу на можливі сценарії її (теплової енергії) використання та економічні показники доцільності. Подібні системи можуть бути використані як для генерації виключно електричної енергії, так і для створення повністю

автономних систем забезпечення споживача тепловою та електричною енергією, наприклад в районах з відсутнім централізованим енергозабезпеченням.

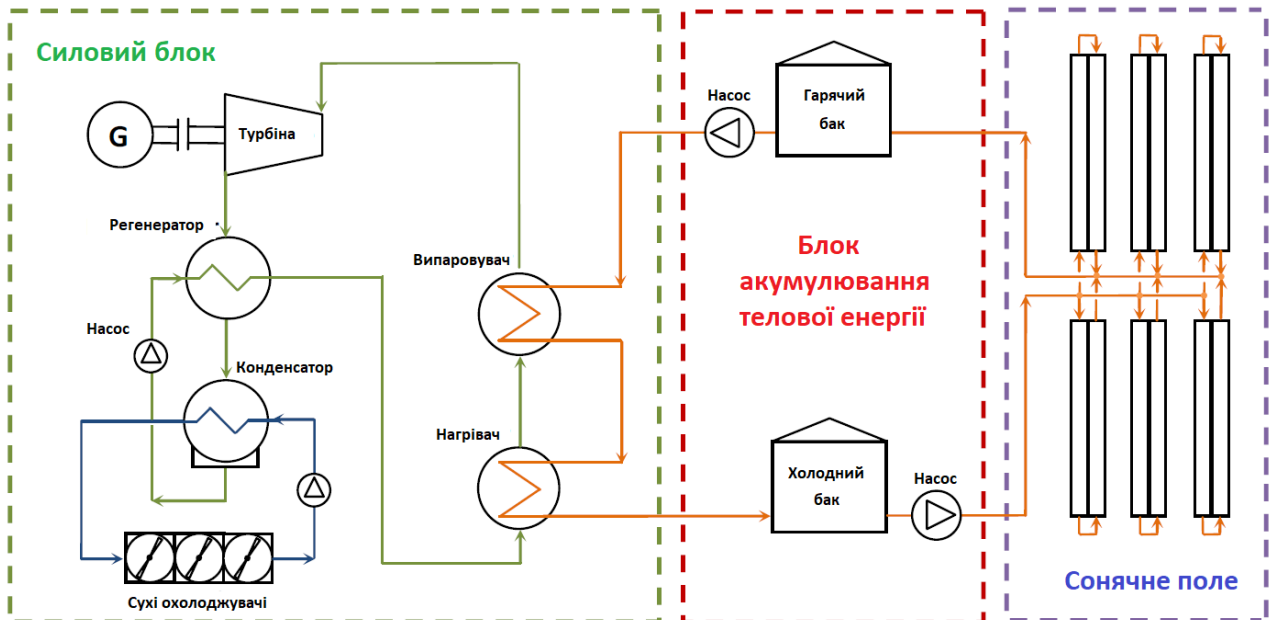


Рисунок 1.7. Схема технологічного процесу концентраційної геліоустановки з ORC-модулем.

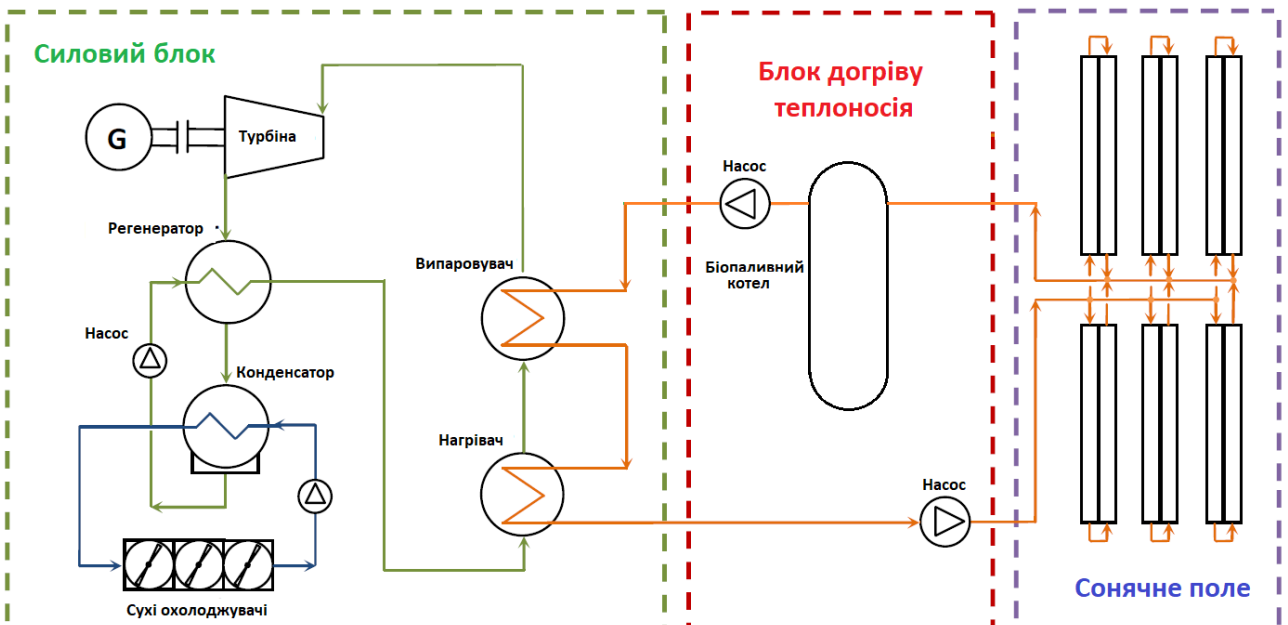


Рисунок 1.8. Схема технологічного процесу геліоустановки з ORC-модулем з догрівом теплоносія.

Перший варіант доцільно використовувати на територіях зі сприятливими кліматичними умовами, другий же варіант буде доцільним у разі наявності достатньої кількості біопалива.

Зарубіжний досвід в сфері енергопостачання свідчить про перспективність будівництва біопаливних котелень малої і середньої потужності для забезпечення потреб окремих споживачів в зоні низької щільності теплопостачання, особливо в районах з великими запасами біопалива[3].

Найменша вартість виробництва тепла припадає на таке біопаливо, як тріска. Основним конкурентом тріски є природний газ. Однак, з урахуванням швидкого зростання вартості природного газу, можна очікувати, що в найближчому майбутньому інші види біопалива потіснять природний газ в цьому рейтингу.

Важливим фактором ефективної мінімізації ризику використання такого виду палива, як тирса, стружка, тріска, шматками деревина, є стабільність їх поставки на котельню протягом всього опалювального сезону. Наприклад, вважається, що будівництво автономної котельні на трісках доцільно тільки при виконанні однієї умови: наявності в радіусі 5-10 км навколо котельні такої кількості паливної тріски або інших деревних відходів, якого достатньо для забезпечення безперебійної роботи котельні. В інших випадках варто розглядати доцільність використання деревних пелетів та гранул, транспортація яких на досить великі відстані не є затратною чи ускладненою іншими факторами [4].

Ефективність ORC-установок

Ефективність роботи та експлуатаційні характеристики ORC-установки при генерації електричної енергії були визначені експериментально. В якості робочого тіла використовувався холодоагент R245fa – гідрофторвуглевод (HFC). Температура робочого тіла в випарнику була в межах від 77°C до 83°C.

В серії експериментів були досліджені ефективність цикла та турбіни. Встановлено, що максимальне значення термічної ефективності цикла може досягати 5,22%, а ізоентропійний ККД турбіни склав 78,7%.

Сценарії використання установок, що працюють за органічним циклом Ренкіна:

- Біопаливо та ORC

Біомаса в великих кількостях є побічним продуктом різноманітних сільськогосподарських та промислових підприємств а її вартість значно нижче, ніж вартість викопного палива.

- Геотермальна енергія

На планеті існує велика кількість геотермальних джерел. Наразі існує декілька гідротермальних електростанцій, де використовуються ORC-модулі. Як зазначається в [6], ідея використання фреонів в якості робочого тіла паросилової установки для генерації електричної енергії вперше була реалізована ще в 1967 році в СРСР на Паратунській дослідно-промисловій геотермальній електростанції.

- Утилізація теплових відходів промислових підприємств

Промислові підприємства скидають в навколишнє середовище велику кількість теплової енергії разом з потоками продуктів згорання та охолоджуючих рідин. Це не лише призводить до зниження енергоефективності підприємства та збільшення собівартості виготовленої продукції, а і несприятливо впливає на стан навколишнього середовища, призводячи до теплового забруднення та кліматичних змін.

- Комбінований цикл

ORC-модулі можуть бути використані в поєднанні з газотурбінними установками (ГТУ) або двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) для утилізації теплової енергії продуктів згорання та підвищення термічної ефективності комбінованого циклу.

Перспективи розвитку ORC-установок.

Установки ORC, які зараз працюють переважно мають просту структуру, в якості робочого тіла використовують чисту речовину і лише в рідких випадках проводиться регенерація теплової енергії.

Наразі проводиться пошук речовин, які зможуть покращити ефективність термодинамічного циклу, знизити вартість експлуатації установок та розширити їх область застосування.

Використання установок, що працюють за органічним циклом Ренкіна в поєднанні з геліосистемами відкриває широкі перспективи для розвитку децентралізованої мережі з тепло та електрозабезпечення.

На ряду з цим установки ORC мають надзвичайно широкий спектр можливого використання як з відновлюваними джерелами енергії (геотермальна енергія, сонячна енергія, біокотельні) так і в якості інструменту енергозбереження та енергоефективності на різноманітних підприємствах (утилізація низькопотенційного тепла продуктів згорання та стічних вод).

До переваг органічного циклу Ренкіна можна віднести:

- робота при досить низьких температурах (починаючи з 65°C)
- висока щільність робочого тіла, що дозволяє зробити установку компактною
- можливість утилізації низькопотенційної теплової енергії

Висновок до розділу 1.

Кліматичні умови на всій території України є достатніми для використання енергії сонця в якості джерела відновлюваної енергії. Мова може йти як про використання безпосередньо теплової енергії сонця, так і використання фотоелектричних перетворювачів.

Також параметри теплової енергії, що можуть бути отримані в літній період є достатніми для використання ORC-установок на базі тепла від відновлюваних джерел енергії.

РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОБ'ЄКТ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2. Інформація про об'єкт електрозабезпечення

2.1 Технічні умови

В даному дипломному проекті метою є розрахунок та проектування геліосистеми в комбінованому виконанні з ORC-модулями для електро- та теплозабезпечення пансіонату, який розміщується на території Обухівського району Київської області біля села Копачів, за координатами 50°08'43.8"N 30°28'39.8"E (рис. 2.1).

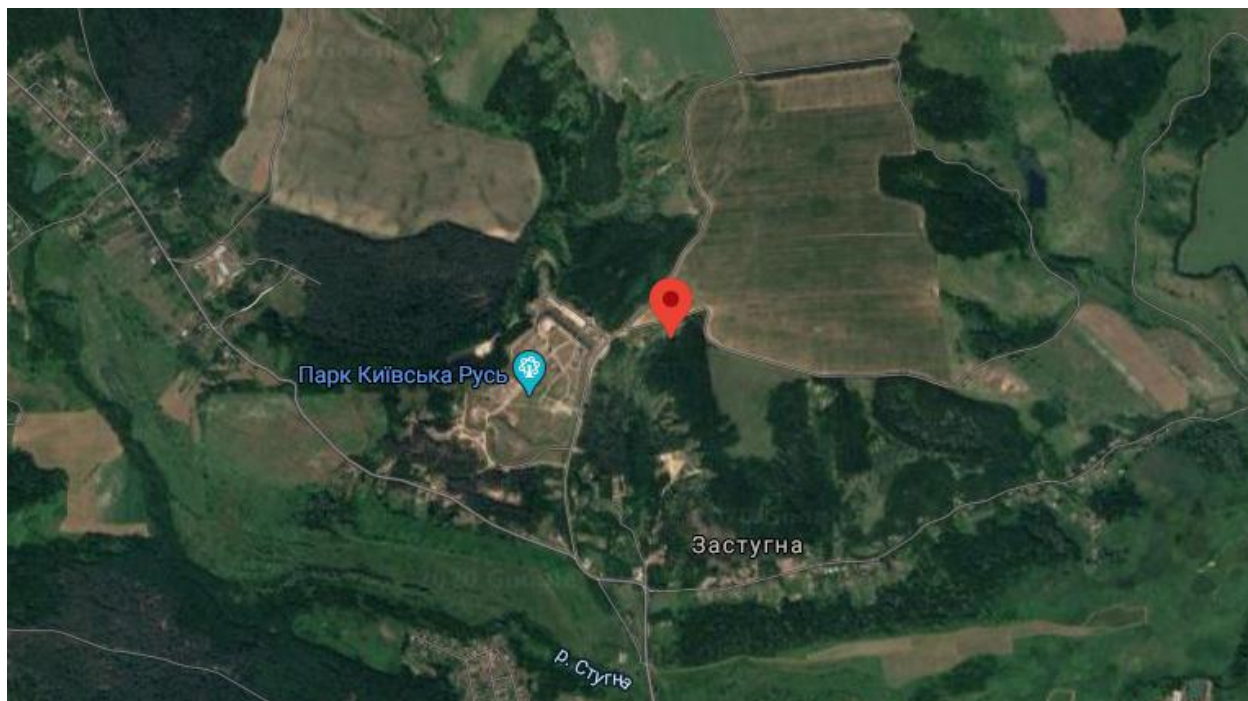


Рисунок 2.1 Географічне положення об'єкта

Основою теплопостачання об'єкту є дві котельні загальною піковою тепловою потужністю 15000 кВт·год, електрозабезпечення об'єкту забезпечують місце лінії електропостання з номінальною напругою 230/400 В.

З метою економії коштів на закупку палива для котелень та електроенергії, було прийнято рішення про розробку проекту комплексної геліоустановки для заміщення теплопостачання в комплексі з ORC-модулями для генерації електричної енергії.

Для забезпечення ГВП об'єкту необхідна генерація 130325 кВт·год теплової енергії на рік.

Для забезпечення теплопостачання об'єкту в опалювальний період (опираючись на дані минулих років) необхідна генерація 305500 кВт·год теплової енергії за час опалювального періоду (з 15 жовтня до 15 квітня).

Необхідний об'єм теплової енергії для забезпечення системи опалення та гарячого водопостачання приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Кількість теплової енергії, що необхідна для забезпечення опалення об'єкту та ГВП (кВт·год)

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень
53329,72	53329,72	48481,57	24240,72	0	0
11287,86	10195,48	11086,48	10728,67	11086,29	10533,6
Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
0	0	0	24240,78	48481,57	53329,72
10884,72	10884,72	10533,6	11086,29	10728,67	11287,86

Сумарно необхідно 435758 кВт·год теплової енергії.

Графік споживання електричної енергії не має виражених піків на протязі року. Середнє добове споживання складає 380 кВт·год, з піковим значенням навантаження близько 45 кВт·год. Річне споживання електричної енергії складає близько 140000 кВт·год.

Для генерації електричної енергії за допомогою ORC-модулів необхідно дотримуватися відношення 10:1 між тепловою енергією, що підводиться до модуля і електричною енергією, яку буде отримано. При цьому безповоротно витрачається лише 20% теплової енергії, також в залежності від компоновки системи та якості окремих компонентів до 10% енергії може бути просто втрачено. Решта – 70% первинної теплової енергії може бути далі використано для опалення та гарячого водопостачання об'єкту.

В табл. 2.2 приведено необхідну кількість електричної енергії на кожен місяць, відповідну кількість теплової енергії, що необхідна для роботи ORC-модулів та залишок теплової енергії, що може бути використана для ГВП та опалення.

Таблиця 2.2 Кількість електричної енергії, що необхідна об'єкту, та розрахунок залишку теплової енергії

Січ	Лют	Бер	Квіт	Трав	Черв
11780	10640	11780	11400	11780	11400
117800	106400	117800	114000	117800	114000
82460	74480	82460	79800	82460	79800
Лип	Серп	Верес	Жовт	Лист	Груд
11400	11780	11400	11780	11400	11780
114000	117800	114000	117800	114000	117800
79800	82460	79800	82460	79800	82460

Як ми можемо бачити, порівнявши таблиці 2.1 та 2.2, надлишку теплової енергії, що залишиться після роботи ORC-модулів цілком достатньо для забезпечення потреб об'єкту в ГВП та опаленні.

Графічне зображення відношення згенерованої теплової енергії для генерації електричної енергії (блакитне), залишку теплової енергії доступної для використання для ГВП та опалення (помаранчеве) та кількість необхідної теплової енергії для ГВП та опалення (біле) показано на рис 2.2

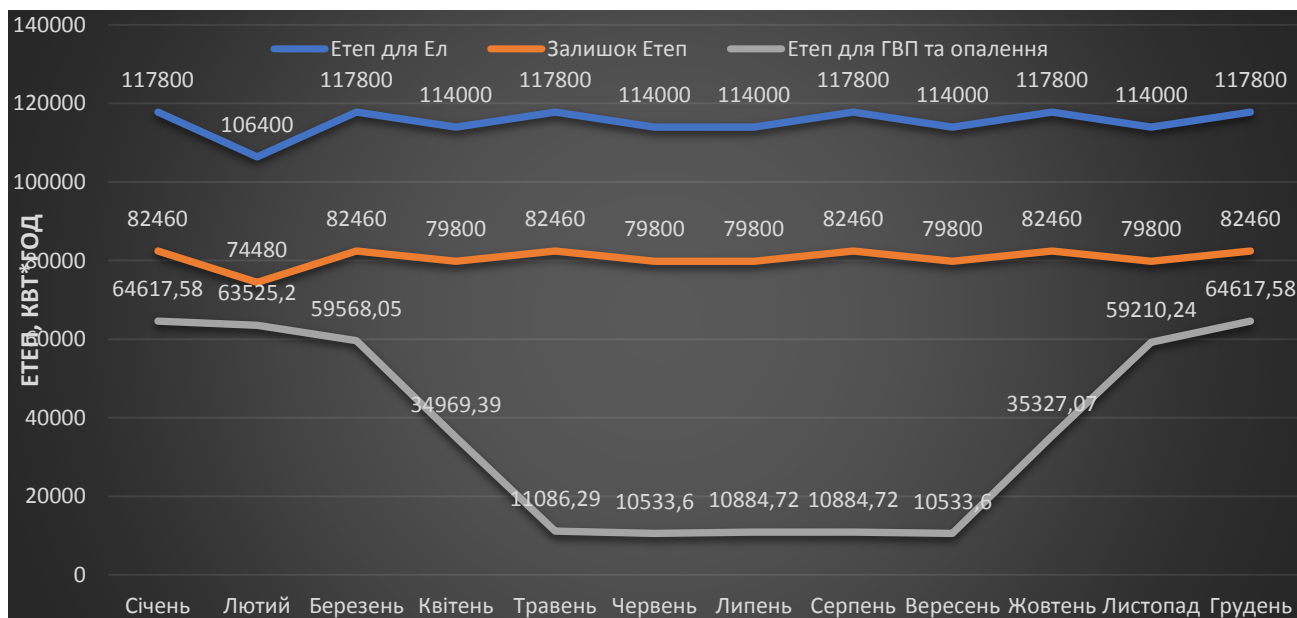


Рисунок 2.2 Кількість теплової енергії

Для розміщення геліополя була придбана земельна ділянка загальною площею 11га. Її схематичне розміщення зображено на рис. 2.2.

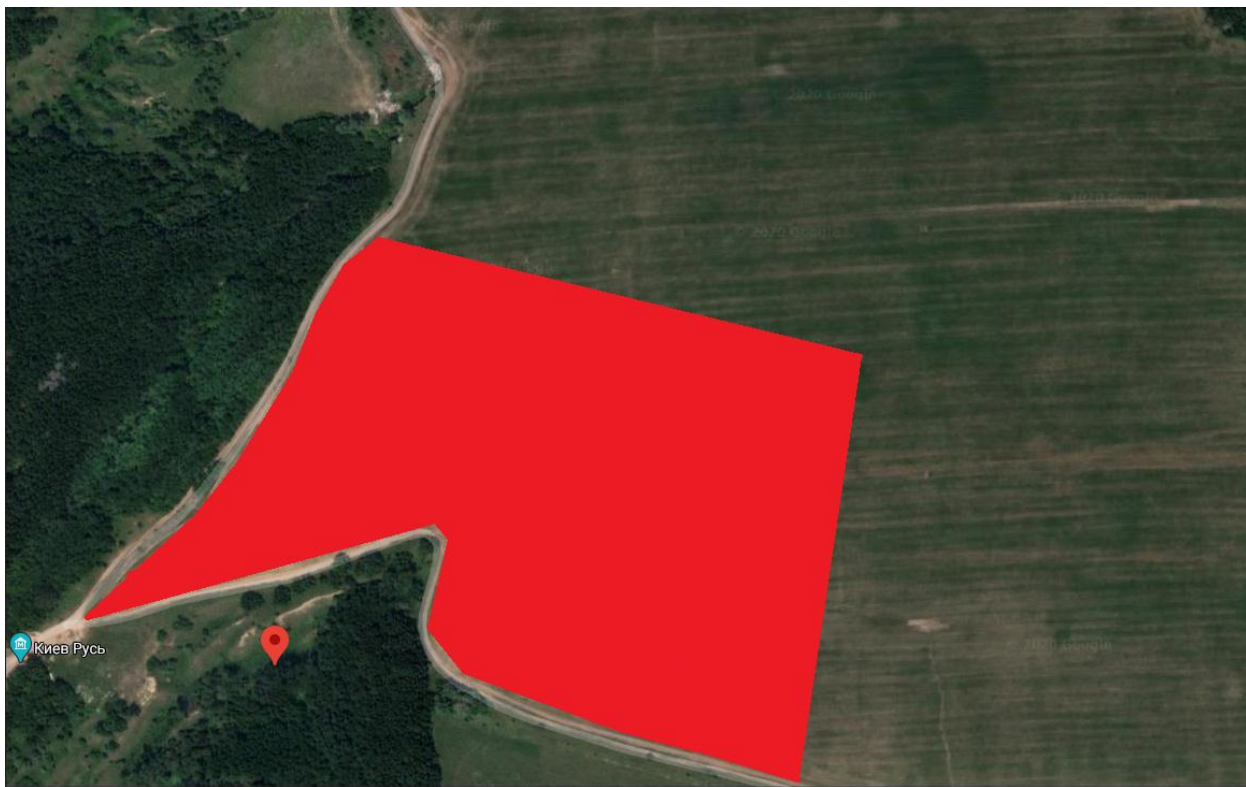


Рисунок 2.3 Схематичне зображення ділянки геліополя

2.2 Кліматичні умови

Згідно з даними NASA за період з 1985 року до 2005 року територія, де розміщується пансіонат має середньомісячний та середньорічний рівень інсоляції, вказаний в табл. 2.1 та показаний на рис. 2.2

Табл. 2.3 Рівень інсоляції

місяць	січ	лют	бер	квіт	трав	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
р-нь інс.	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86

Середньорічна інсоляція становить 3,1 кВт*год/м²/добу

Рівень інсоляції

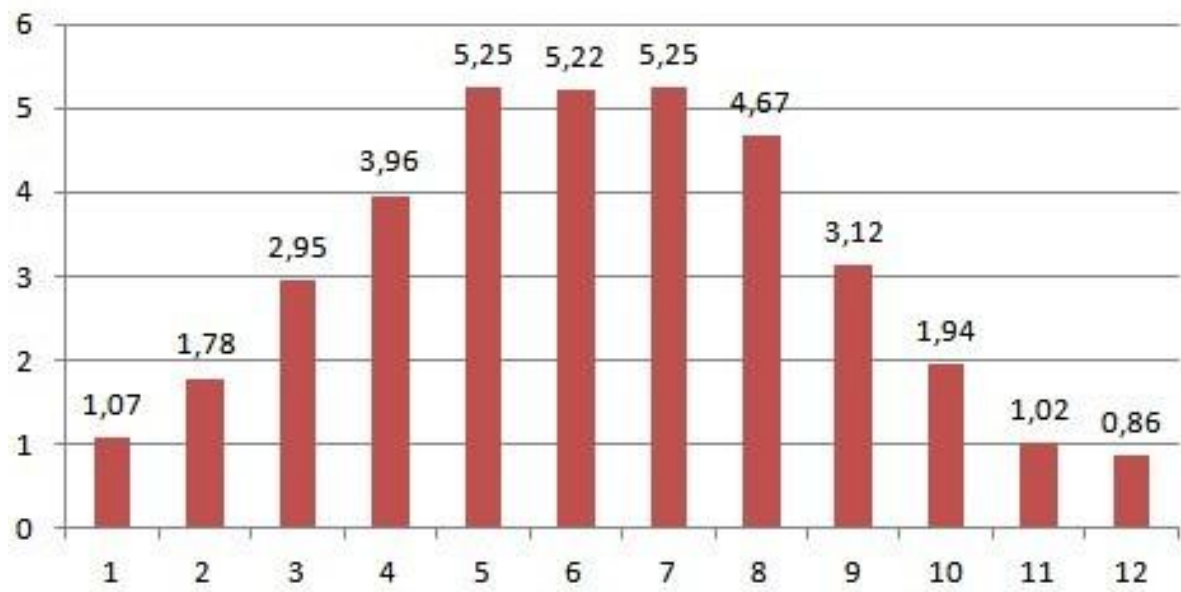


Рис. 2.4 Рівень інсоляції за статистичними даними NASA

Висновок до розділу 2.

Проаналізувавши споживання електричної та теплової енергії об'єктом було розроблено модель живлення даного об'єкту.

Проаналізувавши дані щодо земельної ділянки, яка доступна під встановлення геліополя, а також метеорологічні дані щодо рівня інсоляції, було розраховано приблизну генерацію тепла від відновлюваних джерел та рівень заміщення потреб в енергії об'єктом.

**РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОСНОВОГО І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ.
ВИБІР СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ РОБОТИ КОМБІНОВАНОЇ
ГЕЛІОУСТАНОВКИ.**

3. Вибір основного і допоміжного обладнання. Вибір структурної схеми роботи комбінованої геліоустановки.

3.1. Вибір структурної схеми.

Вибір структурної схеми залежить від певних параметрів:

- Кліматичних умов встановлення системи
- Обраного робочого тіла для ORC-модуля (його робочої температури)
- Обраного типу колекторів (температури, до якої колектори можуть нагріти теплоносії)
- Можливості встановлення контуру догріву теплоносія

З урахуванням кліматичних умов встановлення системи (помірно континентальний клімат) можемо прийти до висновку, що не має можливості забезпечити цілорічну роботу ORC-модулів виключно від джерел відновлюваної енергетики (геліополя), отже буде необхідне встановлення контуру догріву робочого тіла ORC-модулів.

Обираючи тип геліосистеми, спираючись в першу чергу на фінансовий аспект, було обрано систему на вакуумних колекторах.

Беручи до уваги відносно невисокі температури теплоносія в вакуумних геліосистемах (до 100 °C) було обрано наступний теплоносії: холодоагент R245fa – гідрофторвуглевод (HFC) з температурою кипіння 15,3 °C .

Опираючись на отримані дані щодо теплоносія, типу колекторів та наявності контуру догріву, можна скласти структурну схему роботи даної установки, представлену на рис. 3.1

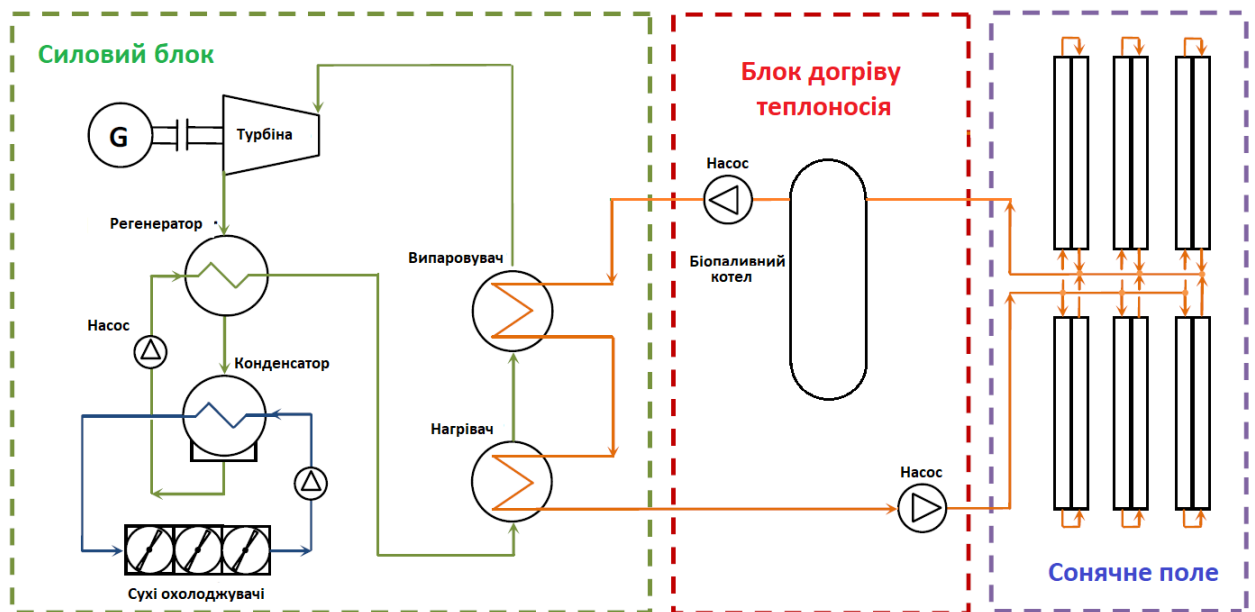


Рисунок 3.1. Схема технологічного процесу геліоустановки з ORC-модулем з догрівом теплоносія.

3.2. Вибір геліоколекторів

Сонячний колектор – пристрій для збору енергії випромінювання Сонця у видимому та інфрачервоному спектрі.

Трубчасті вакуумні сонячні колектори є найбільш ефективними в системах, що працюють цілий рік. Завдяки глибокому вакууму в скляних трубках, з яких складаються такі колектори, тепловтрати всередині сонячного колектора є мінімальними, тому вони показують високу ефективність.

Домогтися цього можна за рахунок зменшення теплових втрат в результаті використання багат шарового скляного покриття, герметизації або створення в колекторах вакууму. Фактично сонячна теплова труба схожа за будовою з побутовими термосами. Тільки зовнішня частина труби прозора, а на внутрішній трубці нанесено високоселективне покриття, що вловлює сонячну енергію.

Між зовнішньою та внутрішньою трубками знаходиться [вакуум](#). Саме вакуумний прошарок дає можливість зберегти близько 95 % уловлюваної теплової енергії. Окрім того, у вакуумних сонячних колекторах знайшли застосування теплові трубки, що виконують роль провідника тепла. При

опроміненні установки сонячним світлом, рідина, що знаходиться в нижній частині трубки, нагріваючись перетворюється на пару.



Пари піднімаються у верхню частину трубки (конденсатор), де конденсуючись передають тепло колектору. Використання даної схеми дозволяє досягти більшого ККД (у порівнянні з плоскими колекторами) при роботі в умовах низьких температур і слабкої освітленості. Сучасні побутові сонячні колектори здатні нагрівати воду до температури кипіння навіть при негативній навколишній температурі.

Для даної системи було обрано вакуумні сонячні колектори компанії Atmosfera СВК-А 30, технічні параметри яких наведено в табл. 3.1, а зовнішній вигляд представлено на рис. 3.2.



Рисунок 3.2. Зовнішній вигляд сонячного вакуумного колектора СВК-А 30

Таблиця 3.1 Технічні характеристики сонячного вакуумного колектора СВК-А

Форма теплообмінника (Manifold)		
Матеріал внутрішнього теплообмінника	Мідь	
Діаметр внутрішнього теплообмінника	38 мм	
Діаметр гільзи теплообмінника	25 мм	
Глибина гільзи теплообмінника	62 мм	
Товщина стінки теплообмінника	1,5 мм	
Виходи	Латунні виходи, ¾ “НР с широким бортом 4 мм – під накидну гайку	
Матеріал ізоляції	Мінеральна вата з антигігроскопічним просоченням	
Товщина ізоляції	70 – 75 мм	
Зовнішній корпус	Анодований алюміній, 2 мм	
Колір теплообмінника	Металік	
Діаметр гільзи датчика температури	8 мм	
Розташування датчика температури	3 двох боків	
Міжтрубна відстань	22 мм	
Номінальний тиск теплообмінника	6 бар (8 бар піковий)	
Рама (Frame)		
Спосіб монтажу	Вертикальна, горизонтальна, похила	
Ніжки для установки	Посилені	
Матеріал ніжки для установки	Нержавіюча сталь	
Товщина металу	2 мм	
Вакуумні трубки (tubes)		
Тип вакуумної трубки	Linuo Paradigma Heat pipe*	
Діаметр конденсатора	24 мм	
Покриття	Нікелювання	
Діаметр трубки heat pipe	8 мм	
Захист від замерзання	Гільзування	
Тип теплопровідного елементу	 Подовжений	
Якість скла	Боросилікатне (ударостійке) скло 3,3 (т-0,91)	
Розміри вакуумної трубки	1800 мм × 58 мм (зовн. діаметр) × 47 мм (внутр. діаметр)	

На рис. 3.3 зображено основні габаритні розміри сонячного вакуумного колектора СВК-А.

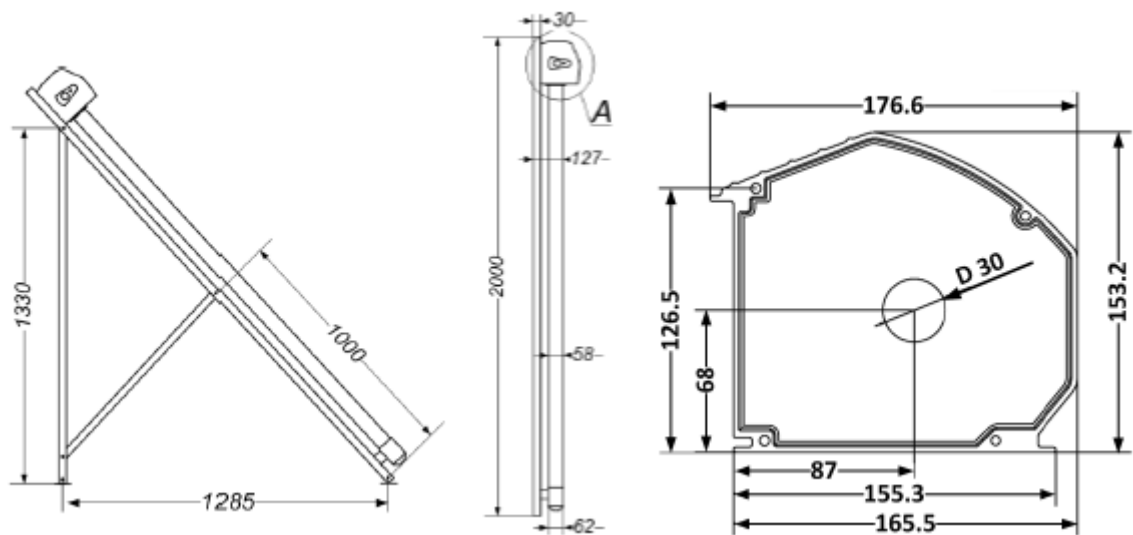


Рисунок 3.3. Основні габаритні розміри сонячного вакуумного колектора CBK-A

3.3. Розрахунок затінення та структурна схема геліополя

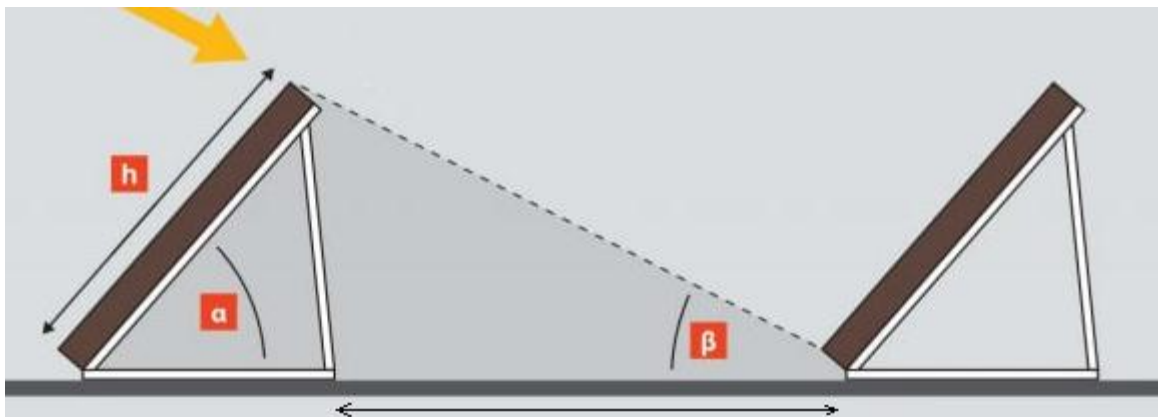


Рисунок 3.3. Розрахунок затінення

Знаючи кут нахилу колекторів ($\alpha = 45^\circ$) та кут висоти Сонця над горизонтом в найкоротший день року ($\beta = 17^\circ$ для 21 грудня), а також габаритні розміри геліоколектора ($h = 2\text{ м}$) ми можемо розрахувати відстань між рядами геліоколекторів.

$$h \cdot \sin(\alpha) = 200 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 141,421 \text{ (см)} - \text{висота геліоколектора}$$

$$\frac{141,421}{\sin(\beta)} \cdot \cos(\beta) = 462,469 \text{ (см)} - \text{відстань між геліоколектора для}$$

мінімального затінення.

Однак враховуючи низьку ефективність роботи геліосистеми в зимній

період, а також мінімальний вплив затінення на роботу вакуумних колекторів, а також для мінімізації необхідної території для встановлення геліополя було прийнято рішення для скорочення відстані між рядами до 400 см.

Також беручи до уваги наявну площу під встановлення геліополя (11 га) можемо розрахувати максимально можливу кількість геліоколекторів, які можуть бути встановлені на цій площі – 8000 геліоколекторів СВК-А 30.

Номінальна витрата теплоносія для 1 колектора СВК-А 30 складає 3,5 – 5,4 л/хв, для розрахунку візьмемо усереднене значення 4,5 л/хв. Також у 1 послідовну гілку рекомендовано поєднувати не більше 4 колекторів. Отже витрата на 1 гілку послідовно з'єднаних колекторів складатиме близько 18 л/хв.

3.4. Вибір системи акумулювання тепла

Для забезпечення цілодобового споживання теплової енергії, незалежно від погодних умов, необхідно забезпечити систему ефективними засобами запасання теплової енергії.

Бажаним об'ємом акумулювання є забезпечення автономності об'єкта період до двох діб (бажання замовника).

$$E_{\text{теп}} = E_{\text{ел}} \cdot 10 \cdot n, \text{ де}$$

$E_{\text{теп}}$ – теплова енергія

$E_{\text{ел}}$ – електрична енергія

n – кількість діб

$$E_{\text{теп}} = 380 \cdot 10 \cdot 2 = 7600$$

Споживання теплової енергії за 2 доби складає 7600 кВт·год.

Беручи до уваги масштаби системи та робочі температури, використання класичних водяних систем акумулювання та теплообміну є недоцільними у зв'язку з різким падінням значення питомої теплоємності води (водяної пари)

в області високих значень температури.

Серед сучасних технологій енергозбереження перспективною є акумулювання тепла в теплових акумуляторах з використанням солі, як це наприклад реалізовано в проєкті «Malta», який фінансується інвест групою «Breakthrough Energy Ventures».

В якості речовини, яка запасатиме тепло в даній системі використовується сіль KNO_3 (нітрат калію) з теплоємністю $0,9538 \text{ кДж/кг}\cdot^\circ\text{К}$, що понад 4 рази менше, ніж теплоємність води за температури 300°К , однак стабільне значення теплоємності в широкому діапазоні температур, а також висока щільність дають змогу значно зменшити габарити установки в порівнянні з тепловими акумуляторами на основі води.

Враховуючи температуру плавлення солі (близько 483°К) та температуру робочого тіла на вході в ORC-модуль (близько 373°К), а також теплоємність нітрату калію ($0,000265 \text{ кВт/кг}\cdot^\circ\text{К}$) ми можемо розрахувати необхідну кількість солі в тепловому акумуляторі:

$$m = \frac{E_{\text{теп}}}{c_p \cdot \Delta T}, \text{ де}$$

$E_{\text{теп}}$ – необхідна кількість теплової енергії

c_p – питома теплоємність речовини (нітрат калію)

ΔT – різниця температур, максимально можливої при акумулюванні та необхідної при експлуатації

$$m = \frac{7600}{0,000265 \cdot 110} = 260720 \text{ кг}$$

Виконавши первинний розрахунок теплового акумулятора, необхідно поставити технічне завдання виробнику, оскільки дані вироби не є серійними і виготовляються за конкретним завданням.

3.5 Вибір ORC-модуля

Беручи до уваги обрані температури робочого тіла, та дані по споживанню електроенергії об'єктом, та пікові навантаження ми можемо

визначитися з номінальною потужністю даного модуля. Вона має бути щонайменше 50 кВт·год.

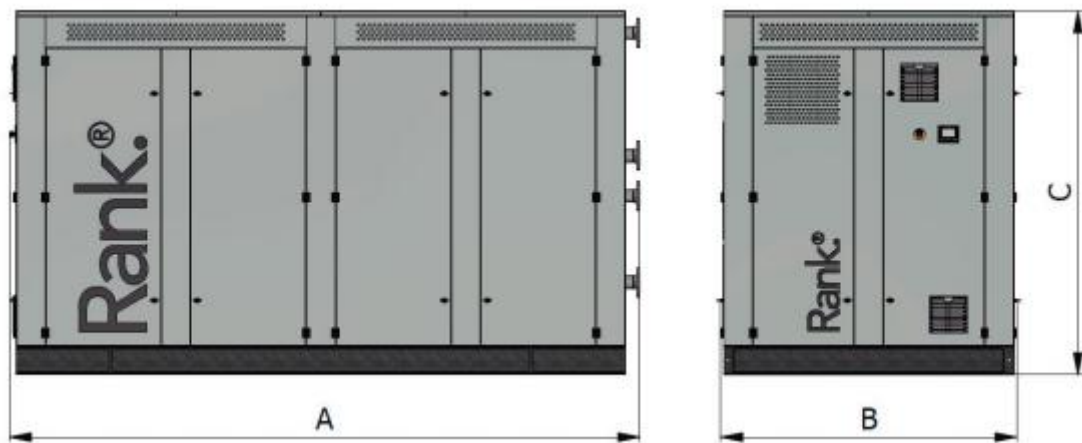
Одним з беззаперечних лідерів галузі є іспанська компанія Rank, що завдяки високій якості продукту, широкій лінійці технічних рішень та якісному сервісу захоплю ринок Європи.

Лінійка низькотемпературних агрегатів LT є оптимальним рішенням для нашої системи. Технічні параметри ORC-модуля Rank LT3 наведено в табл. 3.2

Таблиця 3.2. Технічні параметри ORC-модуля Rank LT3

Джерело теплової енергії	Температура на вході	90-120	С
	Температура на виході	80-110	С
	Об'ємна витрата	78	л/хв
	Теплова потужність	500-1000	кВт
	Діаметр приєднань	DN 150	
	Тиск	125	кПа
	Об'єм теплообмінника	120	л
Електрична частина	Номінальна потужність	30-80	кВт
	Напруга	3*400	В
	Частота	50	Гц
	Струм	127	А
	Інформаційний зв'язок	RJ45	

Зовнішній вигляд та габаритні розміри ORC-модуля Rank LT3 наведено на рис.3.5.



$A = 5800 \text{ мм}$ $B = 2250 \text{ мм}$ $C = 2250 \text{ мм}$ Вага – 8000 кг

Рисунок 3.5. Зовнішній вигляд та габаритні розміри ORC-модуля Rank LT3

Циркуляційні насоси.

Циркуляційні насоси забезпечують рух теплоносія між колекторами та теплообмінником. Підбір циркуляційного насосу проведено відповідно витрати теплоносія в системі. Згідно з технічною документацією виробника сонячних колекторів, витрата теплоносія складає 3,5-5,4 л/хв.

Для підвищення автономності та забезпечення безперебійності ГВП було прийнято рішення розділити систему на послідовні гілки по 4 колектори в кожній. Таким чином загальна витрата через 1 контур буде складати в середньому 18 л/хв в залежності від режиму експлуатації.

Обираючи системи циркуляції теплоносія, ми звертаємо увагу на німецьку компанію Wilo, а саме на промисловий циркуляційний насос для систем опалення, кондиціонування та замкнених контурів Wilo-CronoTwin-DL. Здвоєний насос з сухим ротором в виконанні Inline з фланцевими з'єднувачами може бути використаний для перекачування води в системах опалення або водогліколевих сумішей без додавання в них абразивних речовин.

До переваг даного циркуляційного насосу можна віднести:

- Низькі експлуатаційні витрати, завдяки високому ККД
- Високий ступінь захисту від корозії завдяки катафорезному покриттю
- Гнучкі режими роботи

Технічні дані циркуляційного насосу Wilo-CronoTwin-DL наведено в табл. 3.2.

Зовнішній вигляд циркуляційного насосу Wilo-CronoTwin-DL показано на рис. 3.5.



Рисунок 3.6. Зовнішній вигляд циркуляційного насосу Wilo-CronoTwin-DL

Таблиця 3.3 Технічні дані циркуляційного насосу Wilo-CronoTwin-DL

Параметр	Значення
Мінімальний індекс ефективності (MEI)	$\geq 0,4$
Діапазон робочих температур	від -20 °C до +140 °C
Витрата робочого тіла (л/хв)	від 0 до 1180
Напір	від 0 до 67
Живлення	3~400 В, 50 Гц
Клас захисту	IP55
Номінальний діаметр труб підключення	від DN 32 до DN 200
Макс. робочий тиск	16 бар

Електронний регулятор.

Масштаб даної геліосистеми не дає змогу використовувати стандартні геліоконтроллери, у зв'язку з великою кількістю вхідних сигналів від датчиків температур, тому вибір паде на класичні промислові програмовані контроллери. Одним з беззаперечних лідерів ринку є компанія Siemens та їх лінійка програмованих контроллерів серії Simatic.

Програмовані контроллери Simatic S7-1500 - це новітнє сімейство контролерів Siemens, що володіють відмінним набором функцій і швидкодією. Мета даних контролерів - об'єднати контроллери Siemens сімейства Simatic, що добре себе зарекомендували з найсучаснішими технологіями в єдиній, орієнтованій на майбутнє систем автоматизації. Інноваційний програмований контролер SIMATIC S7-1500 є подальшим розвитком сімейства Simati. В операційну систему контролера вбудована підтримка стандартних функцій управління та обміну даними через PROFINET в режимі IRT. У комплекті з системою компанія Сіменс поставляє єдине середовище розробки STEP 7 Basic, яка максимально спрощує всі етапи розробки та програмування, оновлена інтегрована система діагностичних повідомлень, але разом з тим збережена підтримка функцій SIMATIC S7-300 / S7-400. У поєднанні з

перевагами STEP 7 Professional V12 (TIA Portal) забезпечується простий і ефективний введення в експлуатацію.

Зручна конструкція програмованого контролера S7-1500 і його модульність дозволяють його максимально адаптувати до вимог розв'язуваної задачі. Контролер має природне охолодження. У разі модернізації системи контролер забезпечує вільне нарощування функціональних можливостей. Підвищена ступінь захисту програми і даних забезпечують розробників додатковим рівнем безпеки.

Як було розраховано вище, загальна кількість геліоколектрів (8000 шт) було розбито на 2000 гілок по 4 колектори в кожній, а циркуляційні насоси Wilo-CronoTwin-DL дозволяють поєднати до 65 гілок в паралель. Проте для зручності масштабування системи було прийнято рішення про проєднання по 50 паралельних гілок (200 геліоколекторів) на 1 циркуляційний насос.

Модульність програмованого контролеру Simatic S7-1500 дає змогу вільно підключати необхідну кількість температурних датчиків для отримання актуальної інформації про стан системи в будь-який момент часу?

Запобіжний клапан.

Запобіжний клапан підбирається на основі граничного робочого тиску першого теплоприймного контуру, який частіше за все визначається граничним тиском колектора чи розширювального напірного баку. Запобіжний клапан повинен бути узгоджений з тепловою потужністю колектора або колекторної групи і повинен забезпечувати відвід їх максимальної потужності.

Обираємо запобіжний клапан Watts SVE-SOL (6 бар).



Рис. 3.7 –Зображення запобіжного клапану

Захисний обмежувач температури.

Вбудований в обраний контролер.

Контроль температури.

Контроль температури окремих вузлів геліоустановки здійснюється за допомогою біметалевих термометрів. В системі встановлено по 1 термодатчику, датчик типу РТ1000 на виході з кожного колектрного поля. Також температурні датчики встановлюються в тепловому акумуляторі та теплообмінних апаратах. Інформація з датчиків передається на геліо-контроллер для її візуального сприйняття.

Гідравлічний розрахунок трубопроводів.

Для того щоб в системі труб геліюустановок гідравлічний опір звести до мінімуму, швидкість потоку рідини в мідній трубі не повинна перевищувати 1 м/с. Діаметр труби для системи колекторів визначається з табл. 3.4. Відповідно до табл. 3.4 діаметр труб для проекрованої установки – DN32 (35x1), $V \sim 0,51$ м/с.

Табл. 3.4 Вибір діаметру труби

Об'ємна витрата (загальна площа колекторів)		Швидкість потоку, м/с						
		Розмір труб						
		DN10	DN13	DN16	DN20	DN25	DN32	DN40
л/год	л/хв	12x1	15x1	18x1	22x1	28x1,5	35x1,5	42x1,5
125	2,08	0,44	-	-	-	-	-	-
150	2,5	0,53	0,31	-	-	-	-	-
175	2,92	0,70	0,37	0,24	-	-	-	-
200	3,33	0,88	0,42	0,28	0,18	-	-	-
250	4,17	1,05	0,52	0,35	0,22	-	-	-
300	5,00	-	0,63	0,41	0,27	-	-	-
350	5,83	-	0,73	0,48	0,31	-	0,11	-
400	6,67	-	0,84	0,55	0,35	0,23	0,13	0,09
450	7,50	-	0,94	0,62	0,40	0,25	0,14	0,10
500	8,33	-	-	0,69	0,44	0,28	0,16	0,12
600	10,00	-	-	0,83	0,53	0,34	0,19	0,14
700	11,67	-	-	0,97	0,62	0,40	0,22	0,16
800	13,33	-	-	-	0,71	0,45	0,25	0,19
900	15,00	-	-	-	0,80	0,51	0,28	0,21
1000	16,67	-	-	-	-	0,57	0,31	0,23
1500	25,00	-	-	-	-	0,85	0,47	0,35
2000	33,33	-	-	-	-	1,13	0,63	0,46
2500	41,67	-	-	-	-	-	0,79	0,58
3000	50,00	-	-	-	-	-	0,94	0,70

Контроль тиску.

Контроль тиску в геліюустановці здійснюється манометром. Манометр встановлюється на насосному вузлі в стандартній його комплектації і дозволяє контролювати тиск першого теплоприймного контуру установки.

Контроль автоматики.

Загальний контроль геліоустановки здійснюється в машинному залі теплового пункту через теплові автомати на щиті управління.

Насос для заправки та підживлення системи.

Насос для заправки та підживлення системи застосовується для:

1. заповнення першого теплоприймального пункту теплоносієм;
2. перекачування рідини для промивки системи;
3. підживлення першого контуру теплоносієм у випадку втрати теплоносія.

Вистновок до розділу 3.

Спираючись на дані, отримані в попередніх розділах, а також провівши аналіз ринку, було обрано основне та допоміжне обладнання, що необхідне для функціонування даної системи.

Також було обрано тип структурної схеми роботи установки.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4 Розробка стартап-проекту

4.1 Використання ORC-модулів в комплексних геліосистемах

Дедалі ширше використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) дозволяє оцінити потенціал не лише комерційних проектів промислових сонячних електростанцій (СЕС), а і перспективи поширення розподіленої генерації електричної та теплової енергії. Однак варіативність, періодичність та погана передбачуваність таких джерел енергії та децентралізація виробництва викликає серйозні проблеми, пов'язані з надійністю та контролем якості, особливо це стосується електричної енергії.

Рішення цих проблем лежить в комплексному використанні ВДЕ, а також в акумулюванні електричної або теплової енергії для її використання в часи відсутності прямої генерації.

Одним з таких прикладів може служити використання турбін, що працюють за органічним циклом Ренкіна (Organic Rankine Cycle – ORC).

Органічний цикл Ренкіна відрізняється від традиційного термодинамічного, закладеного в основу роботи парових турбоустановок, тим, що в якості робочого тіла в тепловому циклі цих турбоустановок замість води і водяної пари використовуються органічні речовини, температура кипіння і випаровування яких нижче, ніж температура кипіння води. Такі речовини називаються низькокиплячими робочими тілами (НРТ); це, наприклад, з'єднання на основі фреону, вуглеводні типу пентану, бутану і т. д.

Сонячні системи генерування енергії з використанням ORC-модулів подібні до багатьох електростанцій, які експлуатуються по всьому світу, за винятком хіба що джерела теплової енергії. В даному випадку ним виступає геолісистема.

4.1Опис ідеї проекту

В цьому розділі були проаналізовані наступні пункти:

- Зміст ідеї
- Можливі напрямки застосування
- Основні вигоди, що може отримати користувач послуг
- Відмінність від існуючих аналогів

З кожним роком встановлена потужність сонячних теплових станцій по всьому світу зростає, Україна також не є винятком. Проте варто зазначити, що область використання таких станцій на території України досить вузька. Переважно мова йде про часткове заміщення гарячого водопостачання приватних домогосподарств або невеликих об'єктів промисловості.

В Європі ж використання теплових електростанцій служить певним засобом балансування мережі, дозволяє створювати дешевші, у порівнянні з хімічними системи акумулювання енергії та підвищує надійність електропостачання віддалених від центральної мережі районів.

Варто відзначити, що технологія не є новою або такою, що значно відрізняється від класичних систем генерації електричної енергії. Використання в парових турбінах не водяного пару а органічних теплоносіїв, дозволило значно знизити робочі температури (570°C у класичних парових турбінах у порівнянні з 100°C у парових турбінах, що працюють за органічним циклом Ренкіна).

Зниження температури робочого тіла до таких низьких значень розкриває широкі можливості використання тепла низькопотенційних джерел для роботи в таких системах.

Окрім основної ідеї, описаної в даному проекті, використання ORC-модулів в комплексних геліосистемах є величезна область застосування даної технології з іншими відновлюваними джерелами енергії та в якості технології, що підвищує енергоефективність існуючих об'єктів господарства. Дана інформація структурована в табл 4.1.

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап-проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
Використання ORC-модулів для генерації електричної енергії від низькопотенційних джерел теплової енергії та відновлюваних джерел енергії.	Генерація електричної енергії	Підвищення надійності енергозабезпечення
	Заміщення викопного палива	Економія коштів
	Використання тепла низькопотенційних джерел	Підвищення енергоефективності

Ринкові можливості реалізації:

Беручи до уваги географічне положення України та кліматичні умови на її території, ми можемо прийти висновку, що впровадження даних систем як повністю автономних об'єктів є неможливим. На жаль ми не маємо можливості забезпечити достатню генерацію теплової енергії, для роботи ORC-систем особливо в зимовий період.

Отже на ринку дана система буде позиціонуватися як заміщення традиційних джерел викопного палива, та системи генерації електричної енергії на основі відновлюваних джерел з підтримкою від традиційних систем тепlopостачання.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.

В даному розділі буде проведено технологічний аудит технологій, які є засобом досягнення цілей проекту.

Електрозабезпечення об'єкту відбувається за рахунок генерації електричної енергії установками, в основу роботи яких покладено органічний цикл Ренкіна, що дозволяє зменшити робочі температури та спростити цикл підготовки робочого тіла.

Для роботи даної системи необхідна велика кількість теплової енергії (можливе використання низькопотенційної теплової енергії) і її може надавати геліосистема – система перетворення енергії сонця в теплову енергію.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Інтеграція геліосистем в комбінації з ORC-модулями в існуючі системи енергозабезпечення об'єктів є беззаперечно ефективним рішенням в реаліях повсякчасного зростання ціни на викопні енергоносії. В залежності від режиму роботи підприємства, а також кліматичних умов може бути досягнутий високий відсоток заміщення теплових потреб та потреб в електропостачанні.

4.4 Оцінка економічної ефективності реалізації проекту

Оцінка економічної ефективності реалізації проекту по інтеграції комбінованої геліосистеми з ORC-модулями в існуючу систему теплозабезпечення об'єкту (пансіонат в Київській області).

Для оцінки економічної ефективності реалізації проекту необхідно оцінити вартість реалізації проекту (наведено в табл 4.1).

Таблиця 4.1 Вартість реалізації проекту

Назва	Ціна (дол)	Кількіст ь	Сума (дол)	Сума (тис.грн.)
Геліосистема				
Геліоколектори СВК-А 30	125	8000	100000 0	27800,0 0
Циркуляційні насоси Wilo-CromoTwin-DL	153	40	6120	170,14
Електронні регулятори Simatic S7-1500	420	4	1680	46,70
ORC-модуль				
Rank LT3	4500 0	1	45000	1251,00
Тепловий акумулятор	1200 0	2	24000	667,20
Додаткове обладнання	6000	1	6000	166,80
Витрати на проектування та монтаж	1800	1	1800	50,04
Всього				31402,8 8

Для визначення ефективності використання геліосистеми необхідно визначити об'єм заміщення теплової енергії та термін окупності геліосистеми.

На рис. 4.1 наведено графік споживання теплової енергії та її заміщення геліосистемою.

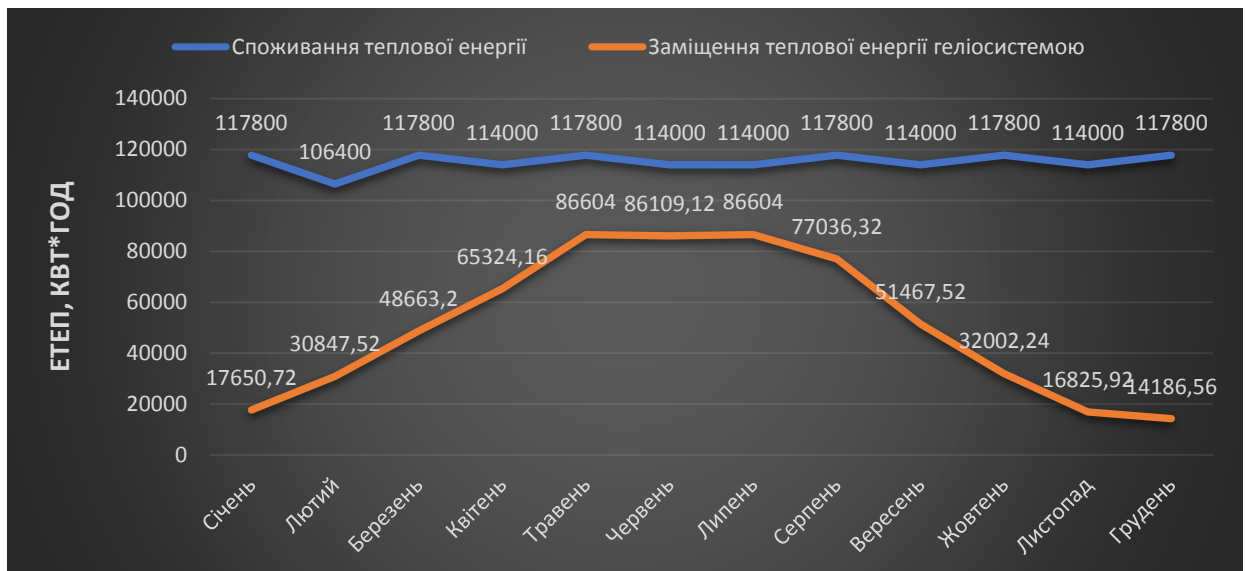


Рисунок 4.1. Графік споживання теплової енергії та заміщення її геліосистемою.

Загальне споживання теплової енергії за рік складає 1383200 кВт·год теплової енергії. Геліосистема прогнозовано може замінити 613321,3 кВт·год теплової енергії, що складає 44,34 %.

Теплотворна здатність пелет високої якості складає приблизно 4 кВт·год теплової енергії на 1 кг палива. Отже геліосистема зможе замінити близько 155 тон палива на рік, що при ціні пелет на рівні 3500 грн/тону дає економію в розмірі 542500 грн/рік. При цьому також варто зазначити, що вартість спорудження теплових котелень відповідної потужності є дуже дорогим задоволенням і за приблизними оцінками складає 15000-18000 доларів за 1 кВт встановленої пікової потужності, що дозволить зекономити додатково близько 150 тис. доларів, що за курсом на 18.12.2020 складає:

$$150000 \cdot 27,8 = 6255000 \text{ грн.}$$

Важливо зазначити, що подібна система в цілому проєктована для генерації не тільки теплової енергії, а і електричної. Споживання об'єкту за рік складає 138320 кВт·год електричної енергії, що при ціні за електроенергію на рівні 3,5 грн/ кВт·год дає змогу зекономити 484120 грн/рік.

Загальна економія складає 1026620 грн/рік.

Враховуючи загальну вартість проекту на рівні 32,4 млн грн, можемо визначити приблизний термін окупності проекту:

$$T = (32,4 - 6,255) / 1,027 = 25,4 \text{ роки}$$

Будівництво об'єкта, що проектується відбуватиметься за кошти Замовника.

Висновки до розділу 4

Даний проект по заміщенню теплопостачання з відновлюваних джерел та генерації електричної енергії в точці споживання є актуальним і комерціалізація даного проекту є можливою;

Даний проект має високі перспективи до впровадження як рішення з енергоефективності та автономності енергозабезпечення об'єкту;

Даний проект має широкі рамки варіативності щодо обладнання, що використовується та схем його підключення, задля забезпечення перекриття потреб об'єкта в енергозабезпеченні;

Подальше впровадження проекту є доцільним.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5. Охорона праці

5.1 Коротка характеристика об'єкту проектування

Дипломний проект має конструкторське спрямування і його мета полягає у розрахунку параметрів і умов необхідних для проектування комплексної геліосистеми з використанням ORC-модулів.

5.2 Організація і вибір робочого місця

Для створення безпечних і сприятливих умов при виконання робіт по дипломному проекту пропонується ряд заходів по охороні праці.

Всі необхідні розрахунки по дипломному проекту здійснювались за допомогою комп'ютерного обладнання, тому ця робота відноситься до категорії легких, тобто робіт, які виконуються в сидячому положенні і не відноситься до систематичної фізичної роботи або до перенесення важких предметів.

Виходячи із ДСанПІН 3.3.2.007-98 [13], а також беручи до уваги характер робіт, відповідно до яких, площа підлоги приміщення на одного працівника в приміщенні дорівнює 6 м², приймаємо:

$$S_n = n \cdot S_0 \quad (5.1)$$

де S_0 – площа приміщення, що відводиться а одного працівника; n – кількість працівників.

Оскільки в приміщенні працює одна людина, то необхідна площа для роботи повинна становити:

$$S_n = 1 \cdot 6 = 6 \text{ (м}^2\text{)} \quad (5.2)$$

Реальні розміри приміщення становлять:

Довжина – 4,5 м;

Ширина – 3,0 м;

Висота – 2,8 м;

Тобто площа підлоги приміщення – $13,5 \text{ м}^2$, а об'єм – $37,8 \text{ м}^3$, що відповідає вимогам ДСанПІН 3.3.2.007-98 [14] пункт 2 "Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ВДТ ЕОМ та ПЕОМ" згідно з якими для кожного працівника відводиться 20 м^3 об'єму і 6 м^2 площі.

Отже, в робочій кімнаті обладнано одне робоче місце, яку розміщені подалі від вікон і так, щоб вікно знаходилося збоку від працюючого і природне світло падало зліва. (рис. 5.1.)

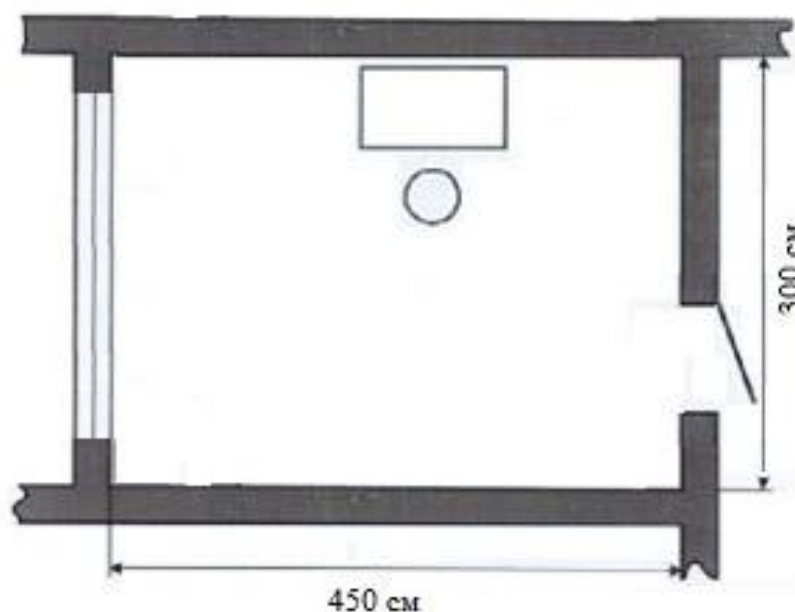


Рис. 5.1. Розміщення робочого місця в кімнаті

На функціональний стан людини (психофізіологічні та емоційні перенапруження, втому, стрес тощо) впливають фізичні фактори виробничого середовища. Всі фактори, які впливають на стан людини, яка працює за комп'ютером, нормуються згідно з ДСанПІН 3.3.2.007-98, які поширюються на умови й організацію праці при роботі з моніторами усіх типів вітчизняного і зарубіжного виробництва на основі електронно-променевих трубок (ЕПТ), що використовуються в персональному комп'ютері.

При організації робочого місця були враховані антропометричні дані оператора, а елементи обладнання було розміщено відповідно до характеру роботи, яку виконуємо.

Робочий стілець (крісло) оснащений підйомним поворотним пристроєм, який забезпечує регулювання висоти сидіння та спинки; його конструкція передбачає також зміну кута нахилу спинки. Підніжка крісла має п'ять опор, щоб запобігти його падінню.

Конструкція робочих меблів (стіл, крісло) забезпечує можливість індивідуального регулювання відповідно до зросту працюючого та дотримання зручної робочої пози. Предмети праці розміщуємо в оптимальній робочій зоні.

Конструкція робочого місця користувача комп'ютера забезпечує підтримання оптимальної робочої пози з таким ергономічними характеристиками:

- Ступні ніг – на підлозі або підставці для ніг;
- Стегна – в горизонтальній площині;
- Передпліччя – вертикально; лікті – під кутом $70\div 90$ градусів відносно горизонтальної площини;
- Нахил голови – $15\div 20$ градусів відносно вертикальної площини.

Враховуючи те, що використовується монітор на основі рідких кристалів, тобто TFT типу з розміром екрану по діагоналі 17 дюймів, екран розташовуємо на відстані не менше 700 мм від очей користувача.

Для збереження здоров'я наукового працівника, що працює за комп'ютером, запобігання професійних захворювань і підтримання працездатності при 8-годинному робочому дні передбачено 15 хвилин перерви через кожну годину роботи.

Тривалість безперервної роботи згідно з нормами по роботі з монітором встановлюємо не більше 4 годин.

Для проведення робіт було вибрано монітор, який за електромагнітним випромінюванням повністю відповідає стандарту ДСанПІН 3.3.2.007-98 [14], який має наступні характеристики:

1) Параметри дисплея:

розмір діагоналі 17 дюймів;

екран з плоскою поверхнею, антистатичним та антибліковим покриттям;

розмір зерна 0.20 мм.

2) Частоти розгортки:

$$f_{\text{гор}} = 31 \dots 71 \text{ кГц}$$

$$f_{\text{верт}} = 50 \dots 160 \text{ кГц}$$

Максимальна роздільна здатність, пікс./Гц: $1600 \times 1200 / 68$.

Рекомендована роздільна здатність пікс./Гц:

$$- 1280 \times 1024 / 75;$$

$$- 1024 \times 768 / 85.$$

5) Живлення: 90 ~ 264 В (47 ~ 63) Гц

Споживання енергії: робочий режим менше 68 Вт.

Відповідність міжнародним стандартам в галузі охорони праці:

рівні випромінювань: MPR II;

безпека UL, CSA, TUV-GS (ZH1/618/10.80), EMKO (S,N,D,FI), DHHS;

радіозавади: FCC-B, CISPR 22, CE;

ергономіка: ISO 9241.3.

5.3 Метеорологічні умови робочого середовища

В приміщенні підтримуються метеорологічні умови згідно з ДСанПІН 3.3.6.042-99, що визначаються температурою, відносною вологістю повітря, тиском та швидкістю руху повітря. Ці фактори впливають на терморегуляцію, тобто спроможність організму людини підтримувати нормальну температуру тіла (в межах $36 \square 37 \text{ }^{\circ}\text{C}$), а отже, на самопочуття і ефективність роботи.

Тепловіддача від організму може здійснюватись шляхом тепловипромінювання, конвекції і випаровування. При підвищеній

температурі навколишнього середовища тепловіддача здійснюється лише за рахунок випаровування поту. Перегрівання тіла до 40 °С до 41 °С приводить до порушення водно-сольового обміну, виникнення судорожної хвороби і теплового удару з втратою свідомості.

Відповідно до трудоемності і складності роботи, що виконуємо, для робочої зони нашого приміщення встановлюємо оптимальні і допустимі значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря, у відповідності до пори року. Користувач персонального комп'ютера належить до групи 1а – легкі роботи.

Відповідно з цим і ДСН 3.3.6.042-99 [14] вибираємо необхідні метеорологічні умови (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. Оптимальні і допустимі метеорологічні умови

Період року	Категорія робіт	Температура t, °С	
		Оптимальна	Допустима
Холодний	Легка 1а	22 – 24	21 – 25
Теплий	Легка 1а	23 – 25	22 – 28
Період року	Категорія робіт	Відносна вологість повітря, %	
		Оптимальна	Допустима
Холодний	Легка 1а	40-60	40-60
Теплий	Легка 1а	40-60	40-60
Період року	Категорія робіт	Швидкість повітря, м/с	
		Оптимальна	Допустима
Холодний	Легка 1а	0.1	<0.1
Теплий	Легка 1а	0.1	0.1-0.2

Для забезпечення необхідних метеорологічних умов в приміщенні встановлено обладнання системи центрального опалення.

Решту метеорологічних умов (постійність температури, вологості, руху

і чистоти повітря) забезпечує кондиціонер LG M30L3H (3.5 кВт), з наступними параметрами:

Холодопродуктивність 2.60-2.90 кВт/г;

Теплопродуктивність 3.3 кВт/г;

Напруга живлення 220 В;

Охолодження 860 Вт;

Обігрів 740 Вт; Рівень шуму:

Внутрішній блок (max) 38 Дб;

Зовнішній блок (max) 49 Дб;

Повітряний блок 7.0-10.0 куб.м/хв; Габаритні розміри:

Внутрішній блок (в×ш×г) 250×750×230 мм 3;

Зовнішній блок (в×ш×г) 570×750×230 мм 3; Вага нетто:

Внутрішній блок 9 кг;

Зовнішній блок 30 кг;

5.4 Розрахунок освітлення

Одним з найважливіших факторів попередження травматизму і професійних захворювань є раціональне освітлення виробничих приміщень. Правильно організоване освітлення створює комфортні умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці.

Особливо важливе біологічне і гігієнічне значення для людини має природне освітлення, тому при проектуванні приміщень передбачено наявність природнього освітлення. Так в робочій кімнаті є одне велике вікно розміром 2,2 м × 1.5 м, що відповідає вимогам ДБН В 3.25-28-2006.

Природна освітленість залежить від пори року, часу дня, хмарності тощо, а також від стану самого приміщення. Тому прозорі перекриття і вікна протираються від пилу не рідше 1 разу в 6 місяців. Стелі покриті білою фарбою, що дає відбивання і розсіювання світла. Стіни приміщення покриті світлими фарбами.

В робочій кімнаті також передбачено як загальне, так і місцеве штучне освітлення, що забезпечує освітленість не менше 410 лк і що відповідає вимогам ДБН В 3.25-28-200. $E_{\text{дійс}} > E_{\text{норм}} = 400 \text{ лк}$

При роботі комп'ютерів, принтерів, розмножувальної техніки, обладнання для кондиціонерів повітря, а також вентиляторів систем охолодження і трансформаторів виникають шум, вібрація, ультразвук.

У приміщенні робочої кімнати рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях відповідають вимогам ДСН 3.3.5.037-99, тобто рівень шуму не перевищує 50 дБ. В зв'язку із цим захисних заходів в кімнаті не передбачається.

5.5 Охорона праці на об'єкті

На електротехнічний оперативно-ремонтний персонал, який обслуговує обладнання сонячних станцій, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори за ГОСТ 12.0.003-74:

фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- нестача природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якого може
- відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена та знижена рухливість повітря;

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

5.6 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

Живлення системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю струмопровідної підлоги. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально- струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі. Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути

забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки. Роботи по обслуговуванню електрообладнання.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електрообладнання, необхідно на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами. В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них

обладнання визначає працівник, який видає розпорядження.

5.6 Протипожежні заходи

При спорудженні та експлуатації даної системи необхідно дотримуватися вимог «Правил пожежної безпеки в Україні» та ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

Згідно Додатку А та Б ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту даного об'єкту не входять до переліку однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню системами пожежної сигналізації та пожежогасіння, і тип системи передавання тривожних сповіщень та будинки та приміщення, що підлягають обладнанню системами оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей та ДБН В.2.5-74:2013 водопостачання зовнішні мережі та споруди, за пунктом 6.2.1 допускається не передбачати протипожежне водопостачання.

Обмеження поширення пожежі в будівлях та спорудах досягається:

- відстані між будівлями, спорудами та інженерними мережами виконані з урахуванням ДБН 360-92** «Планировка и застройка городских и сельских поселений», а також СНиП II-89-80. «Генеральные планы промышленных предприятий»;
- застосуванням конструктивних та об'ємно-планувальних рішень, спрямованих на створення перешкод поширенню небезпечних факторів пожежі приміщеннями;
- зменшення пожежної небезпеки будівельних матеріалів і конструкції, у тому числі оздоблень і облицювань, що застосовуються у приміщеннях і на шляхах евакуації;
- зменшення вибухо-пожежної та пожежної небезпеки технологічного процесу;
- обладнання приміщення та споруд вогнегасниками.

З метою підвищення пожежної безпеки об'єкту передбачається:

- виконання монтажу та наладки електричних та теплових мереж у відповідності до вимог нормативної документації;
- заземлення всього електрообладнання відповідно до вимог ПУЕ-2017.

Блискавкозахист будівель та споруд об'єкту виконано у відповідності до зазначеного ДСТУ, а саме (виконується окремим проектом).

5.7 Електробезпека і розрахунок заземлення на місці встановлення установки

Безпека експлуатації електростаткування в приміщенні забезпечена наступними засобами захисту: застосування ізоляції, огорожа струмоведучих частин, застосування малих величин напруги (за винятком блоків живлення, які заземляють), ізоляція електричних частин від землі.

Місце встановлення електрообладнання та блоків захисної апаратури відносяться до сухих приміщень, із нормальною температурою й вологістю повітря, а також має ізольовану підлогу, тому за небезпекою ураження електричним струмом вона відноситься до першого класу, тобто приміщення без підвищеної небезпеки.

Проте основні причини ураження електричним струмом залишаються:

- Двофазне дотикання
- Однофазне дотикання
- Дотик до корпусу обладнання, яке не проводить струм, але опинилося під напругою
- Перебування в зоні дії атмосферної (статичної) електрики
- Вхід у зону дії електромагнітного поля

Правильна організація експлуатації й обслуговування ПК, основної та контрольно-вимірювальної апаратури регламентована "Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правил техніки безпеки при

експлуатації електроустановок споживачів" (ПТЕ і ПТБ споживачів) і "Правилами побудови електропристроїв" (ППЕ). Згідно умов роботи обладнання, застосовують захист від ураження електричним струмом методом заземлення.

Приміщення де розташовано інвертор та блоки захисних апаратів обладне контуром-шиною захисного заземлення, який з'єднується із заземлювачем. Контур-шина – це сітка з мідного дроту діаметром 6 мм у перерізі і вкладається під всією площею приміщення. Розмір комірок сітки 1200 мм. Місця перетину дротів пропаяні із застосуванням біокислотного флюсу. Для з'єднання заземлюючих провідників на шину наварено гвинти М 8. Ці гвинти використовуються як елемент з'єднання з затискачами, які розташовані на задній стінці основної та контрольно-вимірювальної апаратури.

Опір захисного заземлення в приміщенні відповідає вимогам ПУЕ 1.7.65, згідно яких в електроустановках з напругами живлення до 1 кВ при потужності трансформатора менше 100 кВт R_{Σ} повинен бути не більше 10 Ом.

Висновки до розділу 5.

Розділ охорони праці допомагає описати необхідні умови при роботі над проектом та при його втіленні.

Акцентує увагу на відповідних витримках з ДБН та ПУЕ та допомагає забезпечити безпечну роботу.

Зальні висновки.

Для даного об'єкту енергозабезпечення з урахуванням споживання та наявної ділянки для розміщення геліоустановки можливо досягти заміщення енергоспоживання на рівні 44 %.

В результаті проведених розрахунків встановлено, що використання системи геліополе – ORC-модуль для даної кліматичної зони (Київська область) не є можливим без використання контуру догріву робочого тіла

Розрахований термін окупності є приблизним і складає 25 років. Для зменшення капітальних витрат на спорудження системи перелік основного обладнання та структурна схема можуть бути переглянуті

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи конструювання електроустановок з відновлювальними джерелами енергії [Текст] : навч посіб. / С.О.Кудря, В.М.Головко. – К.: НТУУ «КПІ», 2011.
2. Публічний звіт Голови Держенергоефективності [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: http://saee.gov.ua/sites/default/files/2018_19_report_07_02_2019.pdf
3. Вітроенергетика – практичні аспекти і перспективи [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2081-vitroenerhetyka-praktychni-aspekty-i-perspektyvy.html>– Загол. з титул екрану. – Мова: укр.
4. Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике. / О.С.Попель Рос.хим.ж.(Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева), 2008, т. LII, №6
5. Види сонячних електростанцій – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://ishop.sutem.com.ua/articles/topics/solar_energy/ SES – Загол. з титул екрану. – Мова: укр.
6. Солнечная электростанция – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_электростанция#Аэростатные_СЭС – Загол. з титул екрану. – Мова: рос.
7. Tchanche BF, Lambrinos G, Frangoudakis A, Papadakis G. Low-grade heat conversion into power using organic Rankine cycles - A review of various applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2011;15(8):3963-79.
8. Vélez F, Segovia JJ, Martín MC, Antolín G, Chejne F, Quijano AA.

- Technical, economic and market review of organic Rankine cycles for the conversion of low-grade heat for power generation. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2012;16(6):4175-89.
9. Introduction to biomass boilers – [Електронний ресурс] – <https://www.thegreenage.co.uk/tech/biomass-boiler/>
10. Низкотемпературные ORC-модули – [Електронний ресурс] – <https://www.aquaecology.group/katalog/turbiny-organicheskogo-tsikla-renkina-orc-turbines/nizkotemperaturnye-orc-moduli/>
11. Kang S.H. Design and experimental study of ORC (organic Rankine cycle) and radial turbine using R245fa working fluid // Energy. 2012. Vol. 41. P.514-524.
12. Огуречников Л.А. Геотермальные ресурсы в энергетике // Альтернативная энергетика и экология. 2005. № 11. С.58-66.
13. Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютерингу / Катренко Л.А., Катренко А.В., – Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2012-544 с